



Diplomová práce

**Návrh otevírání dveří zavazadlového prostoru  
elektromobilu Titan**

**Design of opening the trunk door of the Titan electric car**

Jméno autora: Bc. Petr Šiška

Rok odevzdání: 2021

# Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Petr Šiška**

Studijní program: N0715A270004 Materiály a technologie pro automobilový průmysl

Téma: Návrh otevírání dveří zavazadlového prostoru elektromobilu Titan  
Design of opening the trunk door of the Titan electric car

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor problematiky.
2. 3D model dveří zavazadlového prostoru s nosnou konstrukcí.
3. Kinematický model dveří zavazadlového prostoru s mechanismem otevírání.
4. Podklady pro výrobu dveří zavazadlového prostoru.
5. Zhodnocení a závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VLK, František. Stavba motorových vozidel. Brno: VLK, 2003, s. 413., ISBN 80-238-8757-2.
- [2] VLK, František. Karoserie motorových vozidel. Brno: VLK, 2003, s. 243., ISBN 80-238-5277-9.
- [3] BRÁT, Vladimír, Václav JÁČ a Josef ROSENBERG. Kinematika. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [4] DIETSCHE, Karl-Heinz a Maria KLINGEBIEL, ed. Automotive handbook. 7th ed., rev. and expanded. Plochingen: Bosch, 2007. ISBN 978-0-8376-1540-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miroslav Suchánek**

Datum zadání: 30.11.2020

Datum odevzdání: 23.04.2021

---

doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.  
*vedoucí katedry*

---

prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.  
*děkanka fakulty*

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je návrh vhodného mechanismu otevírání dveří zavazadlového prostoru prototypu elektromobilu Titan. Do návrhu výsledného mechanismu se promítají také požadavky na konstrukci dveří. Práce obsahuje shrnutí poznatků konstrukce dveří a jejich mechanismů. Modelování vlastního konstrukčního návrhu proběhlo v prostředí Solidworks. Kinematická analýza mechanismů otevírání vychází ze simulací v MSC ADAMS a pevnostní analýzy navržené nosné konstrukce ze softwaru ANSYS Workbench. Dále byly vytvořeny podklady pro výrobu.

## **Klíčová slova**

Návrh dveří, dveře zavazadelníku, simulace, pevnostní analýza, kinematická analýza

## **Abstract**

This diploma thesis targets to suggest a suitable mechanism for opening the luggage compartment door of a prototype Titan electric car. The requirements for the construction of the door are also reflected in the design of the resulting mechanism. The work contains a summary of knowledge of door construction and their mechanisms. The modeling of the own construction design took place in the Solidworks environment. The kinematic analysis of the opening mechanisms is based on simulations in the MSC ADAMS and the strength analysis of the designed supporting structure from the ANSYS Workbench software. Furthermore, drawings for production were created.

## **Key words**

Car door design, trunk door, simulation, stress analysis, kinematic analysis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Miroslavu Suchánkovi, za odborné vedení, předmětné rady a cenné zkušenosti. Zároveň bych chtěl poděkovat mé rodině, a především partnerce za poskytování podpory po celou dobu mého studia.

# **OBSAH**

ÚVOD .....	1
1. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY .....	2
1.1 Přehled částí dveří zavazadlového prostoru .....	2
1.1.1 Konstrukce pátých dveří .....	3
1.1.2 Mechanismy otevírání dveří zavazadelníku .....	4
1.1.3 Zavěšení dveří.....	6
1.1.4 Těsnění.....	7
1.1.5 Zámek .....	8
2. 3D MODEL DVEŘÍ ZAVAZADLOVÉHO PROSTORU S NOSNOU KONSTRUKCÍ.....	9
2.1 Základní rozměry a modely.....	9
2.1.1 Víko kufru.....	11
2.1.2 Spodní díl dveří.....	12
2.1.3 Zavěšení dveří.....	12
2.1.4 Návrhy zavěšení.....	13
2.1.5 Rám dveří.....	18
3. KINEMATICKÝ MODEL DVEŘÍ ZAVAZADLOVÉHO PROSTORU S MECHANISMEM OTEVÍRÁNÍ .....	23
3.1 Podmínky simulace .....	23
3.2 Tvorba modelů .....	24
3.3 První model .....	25
3.4 Druhý model.....	27
3.5 Třetí model .....	29
3.6 Čtvrtý model.....	31
4. PEVNOSTNÍ VÝPOČTY.....	33

4.1	Poloha zavřeno .....	34
4.2	Vodorovná poloha .....	35
4.3	Poloha otevřeno .....	36
4.4	Výsledky analýz .....	37
4.5	Geneze rámu .....	40
4.6	Shrnutí výsledků analýzy konečné verze rámu .....	41
5.	PODKLADY PRO VÝROBU DVEŘÍ ZAVAZADLOVÉHO PROSTORU .....	42
5.1	Výroba pantu .....	42
5.2	Výroba kotvících prvků .....	42
5.3	Výroba nosné konstrukce .....	42
5.3.1	Výroba skla .....	43
5.4	Výroba dílů dveří .....	43
5.5	Kompletace pantů .....	44
5.6	Kompletace dveří .....	44
	ZÁVĚR .....	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	48
	Příloha výkresové dokumentace .....	52

## ÚVOD

Cílem mé diplomové práce je komplexní návrh otevírání dveří zavazadlového prostoru elektromobilu Titan. Pro návrh byly dodány výchozí CAD modely designových částí vnější konstrukce a nosných vnitřních částí. Z těchto podkladů vycházel samotný 3D model nosného rámu dveří se všemi jeho komponentami. Po vytvoření 3D modelu, byl vytvořen kinematický model, který sloužil k ověření pohybů dveří. Zda byly panty navrženy správně, nedochází ke kolizím. Zároveň byla zkoumána potřebná síla vzpěry ke zvednutí dveří a její vysunutí. Prováděny byly také pevnostní analýzy samotné nosné konstrukce pro zjištění průhybu dveří a rozložení napětí.

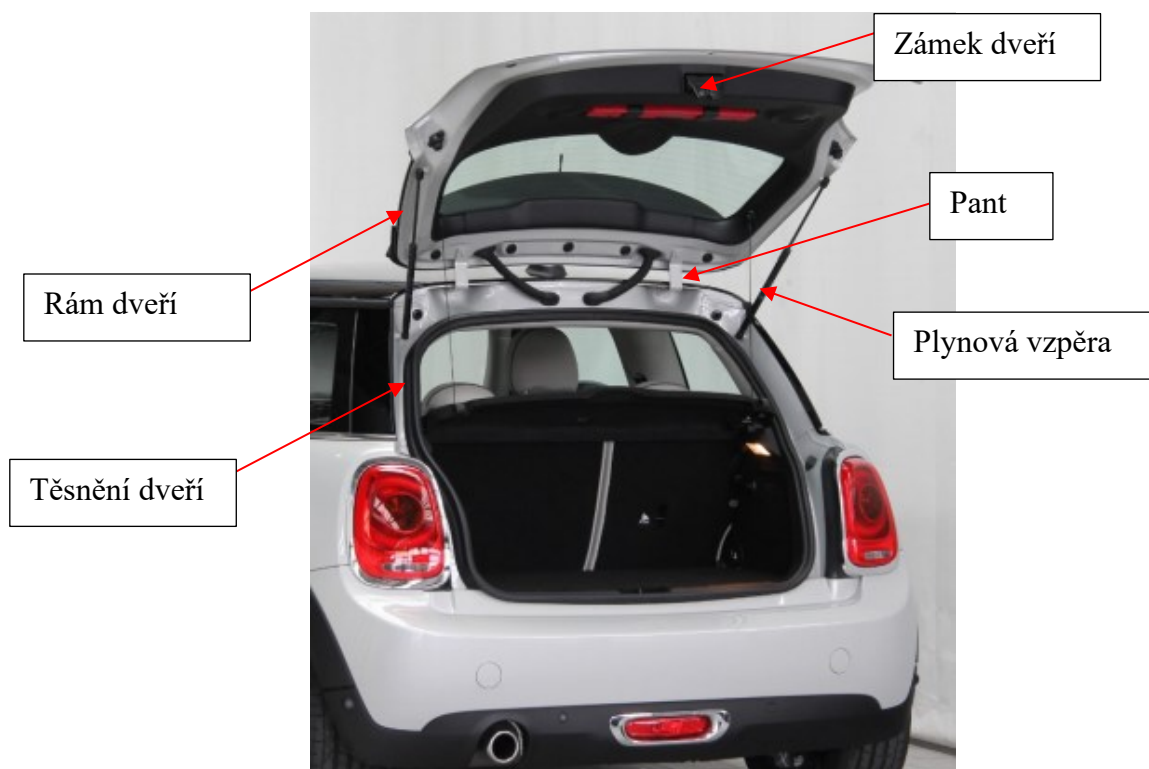
# 1. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

V této kapitole jsou shrnuty poznatky v oblasti konstrukce dveří zavazadlového prostoru. Je zde popsána nosná konstrukce komerčních vozidel. Dále se kapitola věnuje dalším součástem, které jsou na této nosné konstrukci uchyceny. Jedná se o typickou výbavu většiny vozů, jako jsou panty, zámek nebo vzpěry.

Primárním pohybem dveří je rotace kolem osy. Pohyb musí být zajištěn tak a v takovém rozsahu, aby byl umožněn komfortní přístup do zavazadelníku, avšak nedocházelo ke kolizi s ostatními částmi karoserie. Taktéž musí být zaručeno krytí plochy zavazadelníku dveřmi proti povětrnostním podmínkám. [1]

## 1.1 Přehled částí dveří zavazadlového prostoru

Dveře zavazadlového prostoru se skládají z několika částí (Obrázek 1). Jedná se především o rám, který je ke karoserii přichycen panty v horní části. O jeho pohyb se starají většinou dvě vzpěry, které jsou uchyceny po bocích. Na vnitřní spodní straně se nachází zámek, jehož mechanismus bývá krytý čalouněním.



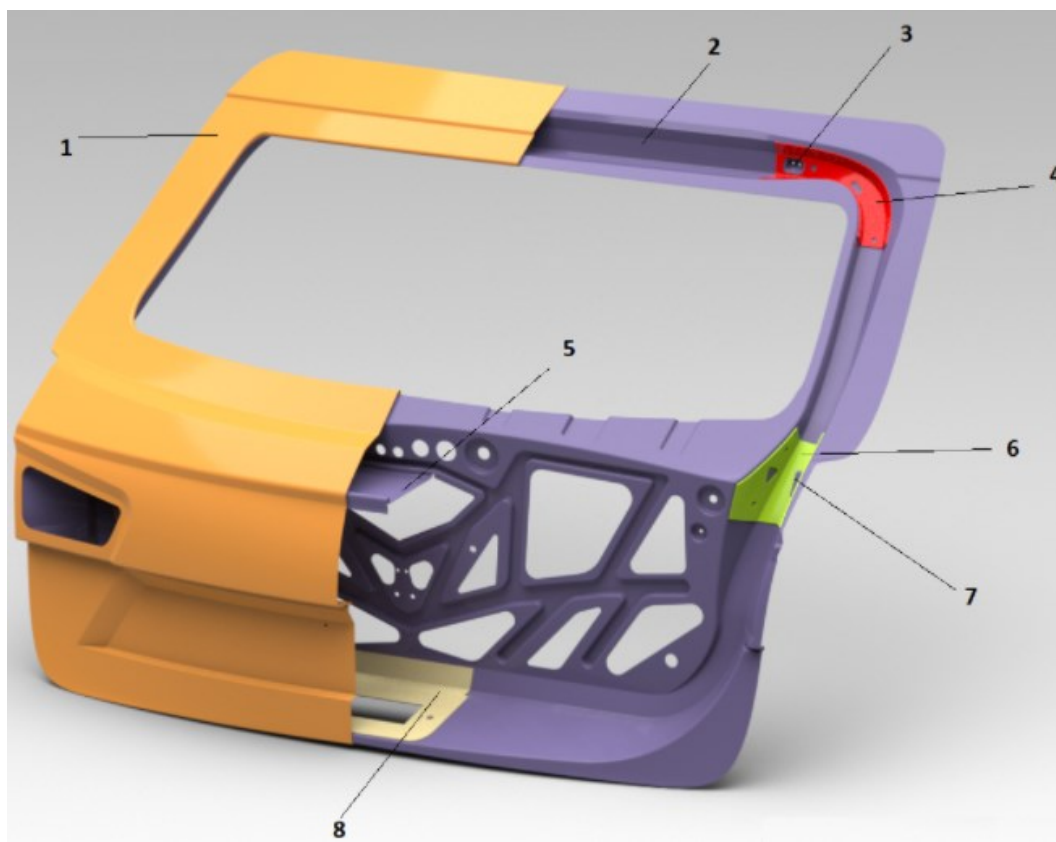
Obrázek 1 Otevřené víko zavazadlového prostoru [2]



### 1.1.1 Konstrukce pátých dveří

Konstrukce běžných automobilů (Obrázek 2) jsou tvořeny dvěma vyliisovanými ocelovými plechy o tloušťce 0,6-0,8 mm, vnější tvoří plech plný, který je pohledový, vnitřní výlisek má prolisy zvyšující pevnost celých dveří a výřezy odlehčující konstrukci, na tomto dílu bývají uchyceny kotvící prvky ostatních dílů. Oba plechy bývají svařeny nebo zalemovány. Tvoří pak dutinu, kterou vede elektroinstalace. [3] [4]

V horní části dveří se nacházejí zavěšení, které dovolují dveřím otáčivý pohyb kolem osy závěsu. Na okrajích bývají uchyceny konce vzpěr, které napomáhají otevírání dveří. Ve spodní části se obvykle nachází mechanismus zámku.



Obrázek 2 Řez víkem běžně vyráběného automobilu: 1 – Vnější panel, 2- vnitřní panel, 3- úchyt pantu, 4 – vnitřní výztuha pro závěsy, 5 – držák motoru stěračů, 6 - vnitřní výztuž, 7 – montážní bod vzpěry, 8 – výztuha zámku dveří [5]

### 1.1.2 Mechanismy otevírání dveří zavazadelníku

V této podkapitole jsou uvedeny nejčastější typy mechanismů otevírání, které nalezneme v komerčně vyráběných vozidlech.

#### Plynové vzpěry

Nejběžněji používaný typ vzpěr (Obrázek 3). Skládá se z ocelového válce obsahující pístní tyč, kterou lze zatlačit do válce. Válec je naplněn malým množstvím oleje a natlakován inertním plynem, nejčastěji dusíkem. Válec je uzavřen těsněním, které zajišťuje výsuv pístnice bez úniku plynu a ztráty tlaku. Nevýhodou tohoto typu vzpěr je nemožnost je, jakkoliv elektronicky ovládat. Naopak výhodou je jejich mechanická jednoduchost. [6]



Obrázek 3 Plynová vzpěra [7]

#### Šroubové vzpěry

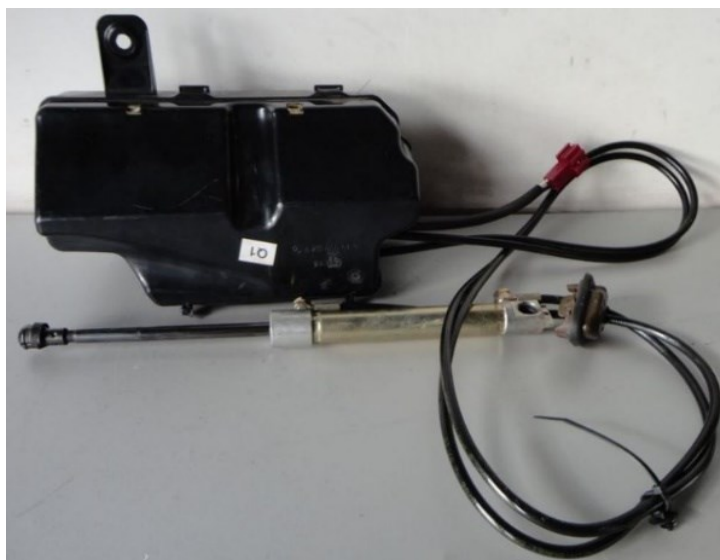
Jedná se o často používaný mechanismus (Obrázek 4), který lze dnes najít i u vozů nižší střední třídy. Nahrazuje klasické plynové vzpěry. Je tvořen dvěma částmi – pevnou a pohyblivou. Pevná část je spojena s karoserií vozu a uvnitř obsahuje elektromotor, který pohání pohybový šroub. Pohyblivá část je uchycena ke dveřím a její součástí je matice, ve které je vložen pohybový šroub pevné části. Rotační pohyb elektromotoru se takto mění na pohyb posuvný. Uvnitř mechanismu se nachází také pružina, která napomáhá otevření dveří. [8]



Obrázek 4 Elektrická šroubová vzpěra [9]

### Hydraulické vzpěry

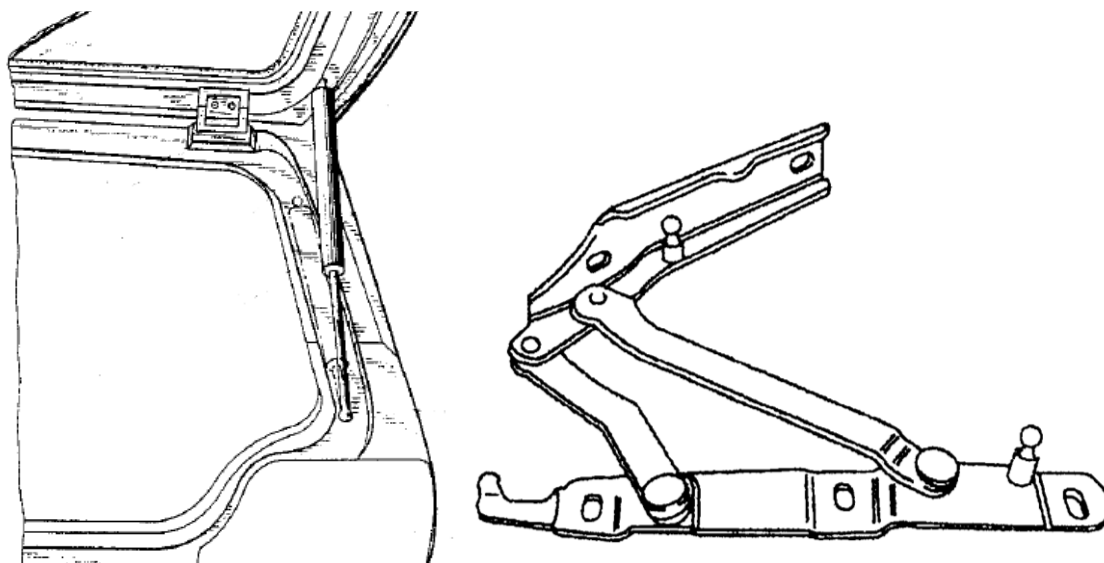
Tyto aktuátory fungují podobně jako plynové vzpěry. Využívají k pohybu pístu pracovní kapalinu uzavřenou v hydraulickém obvodu. Části pístu jsou zde uchyceny stejně jako o ostatních vzpěr. Mechanismus se však nenachází v pístu samotném. Ten je ukryt v prostorách karoserie a do pístu vede pouze hadice z čerpadla. Pohonným mechanismem je čerpadlo (Obrázek 5) hnané elektromotorem, které vytváří tlak v soustavě a pohybuje tak pístem v pístnici. Nevýhodou je, podobně jako v každé hydraulické soustavě, citlivost na změnu tlaku. Ztráta tlaku způsobená netěsnostmi může mechanismus omezit na rozsahu pohybu nebo jej učinit neprovozeroschopným.



Obrázek 5 Hydraulická vzpěra s čerpadlem [10]

### 1.1.3 Zavěšení dveří

Panty dveří bývají zabudovány do příčného žlabu střechy blíže k okrajům než ke středu. Mohou to být jednoduché kloubové závěsy s pevnou osou (Obrázek 6), přičemž každý závěs je připevněn jedním nebo dvěma šrouby. Pokud má střecha větší zakřivení nelze však tento druh závěsu použít, protože otáčení dveří by mohlo způsobovat kolize s karoserií. Používají se proto jiné typy zavěšení, například čtyřkloubové, jehož střed otáčení se pohybuje během vyklápění dveří.



Obrázek 6 Typy zavěšení dveří: pant s pevnou osou (vlevo) a čtyřkloubový (vpravo) [11] [12]

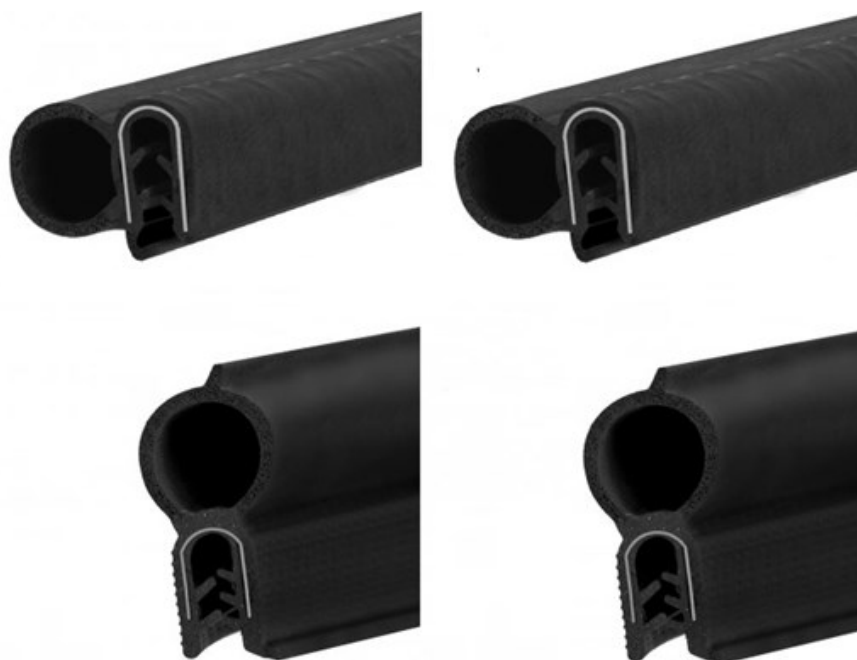
Pro víka zavazadelníku některých automobilů se také používá třmenového závěsu (Obrázek 7). Ten je často kombinován se servomotorem. Tento typ zavěšení však vyžaduje větší zástavbový prostor uvnitř automobilu.



Obrázek 7 Třmenový závěs [13]

### 1.1.4 Těsnění

Těsnění tvoří bariéru zabráňující pronikání vlhkosti a hluku do interiéru. Na vozidlech se nachází mnoho typů těsnění. Pro víko zavazadelníku jsou důležitá těsnění dveří. Ty se dělí na hlavní, které jsou umístěna po obvodu karoserie, a obsahují kovovou výztuž tvaru U (Obrázek 8), kterou se nasazují na kovový lem karoserie, a přídavné, které je naopak umístěno na dveřích, často nalepena nebo přichycena plastovými výstupky. Přídavné těsnění tak zlepšují těsnící vlastnosti dveří. [14]



Obrázek 8 Typy hlavního těsnění pro nasazení na lem karoserie [15]

### 1.1.5 Zámek

Jedná se o mechanismus, který slouží k zajištění dveří v karoserii a snadnému přístupu do zavazadlového prostoru automobilu. Zámek je konstruován tak, aby nedošlo k jeho následnému uvolnění během jízdy automobilu. Zámek je umístěn na vnitřní straně zadních dveří. Zámek má celkem tři polohy. První poloha otevřená slouží k uvolnění dveří. Druhá poloha je zaklapnutí, která má bezpečnostní funkci, kdy zabraňuje dveřím v samovolném otevření i když nedošlo k plnému dovření. Poslední je poloha úplného dovření. Nedílnou součástí zámkového systému je závěrné pero (Obrázek 9). Jedná se o kovové oko, do kterého zaklesne západka zámku. Otevírání zámku může být vykonáváno elektromechanicky, ale vždy musí být zajištěno čistě mechanické otevření zámku zevnitř vozidla, pokud by došlo k závadě v elektronice. [16]



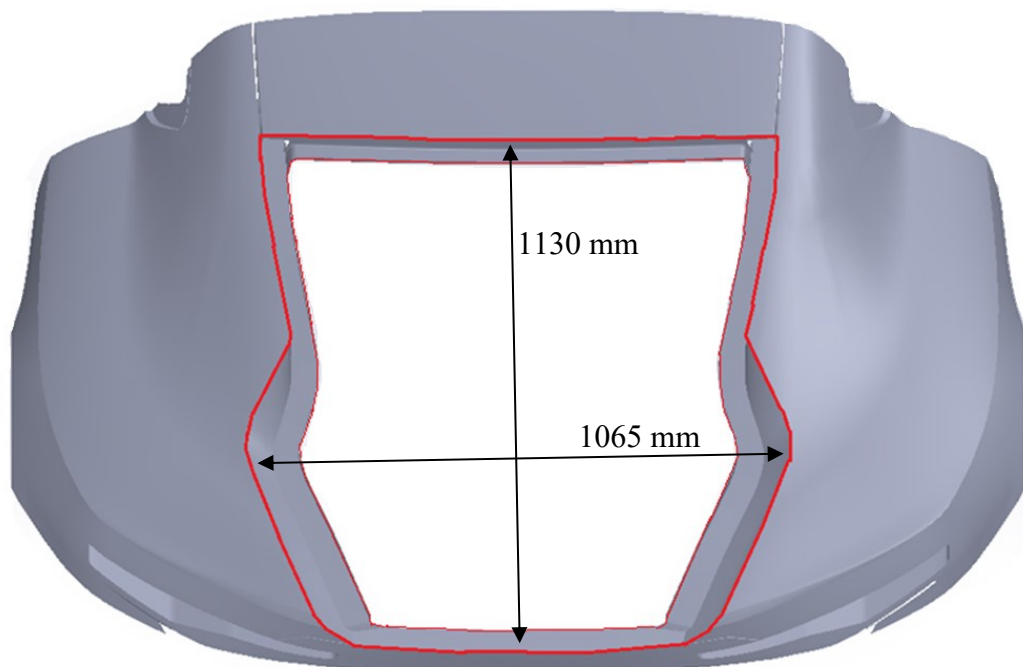
Obrázek 9 Zámek a závěrné pero [17] [18]

## 2. 3D MODEL DVEŘÍ ZAVAZADLOVÉHO PROSTORU S NOSNOU KONSTRUKCÍ

V kapitole je popsán postup návrhu modelu dílů dveří ve 3D, vytvořený v softwarovém prostředí SolidWorks. Téměř každý model proběhl několika designovými úpravami, ať už se jednalo o důvody pevnostní, zástavbové nebo funkční. Bylo vytvořeno i několik variant prototypů, které však svojí konstrukcí nesplňovaly některé ze základních podmínek. Tyto modely jsou zde postupně zařazeny.

### 2.1 Základní rozměry a modely

Základní rozměry jsou určeny zástavbovým prostorem (Obrázek 10), jehož délka je 1130 mm, jeho okraje tvoří esovitý tvar s nejširším bodem 1065 mm. Dalším rozměrem je odtokový žlábek, který kopíruje vnější kontury zástavbového prostoru a okraj je od těchto linek odsazen směrem dovnitř zavazadlovém prostoru o 53 mm. Hloubka žlábků je po celé délce stejná – 78 mm, kromě příčného, jehož hloubka je 28 mm. Po konzultaci s designerem byla stanovena maximální hmotnost dveří na 15 kg.



Obrázek 10 Největší rozměry zástavbového prostoru

Pro tuto diplomovou práci byly zadány modely tvaru karoserie, vnější tvar dveří a skla a vnitřní rám vozidla (Obrázek 11). Také nebylo umožněno provádět úpravy na těchto dílech, které by ovlivnily vnější design.

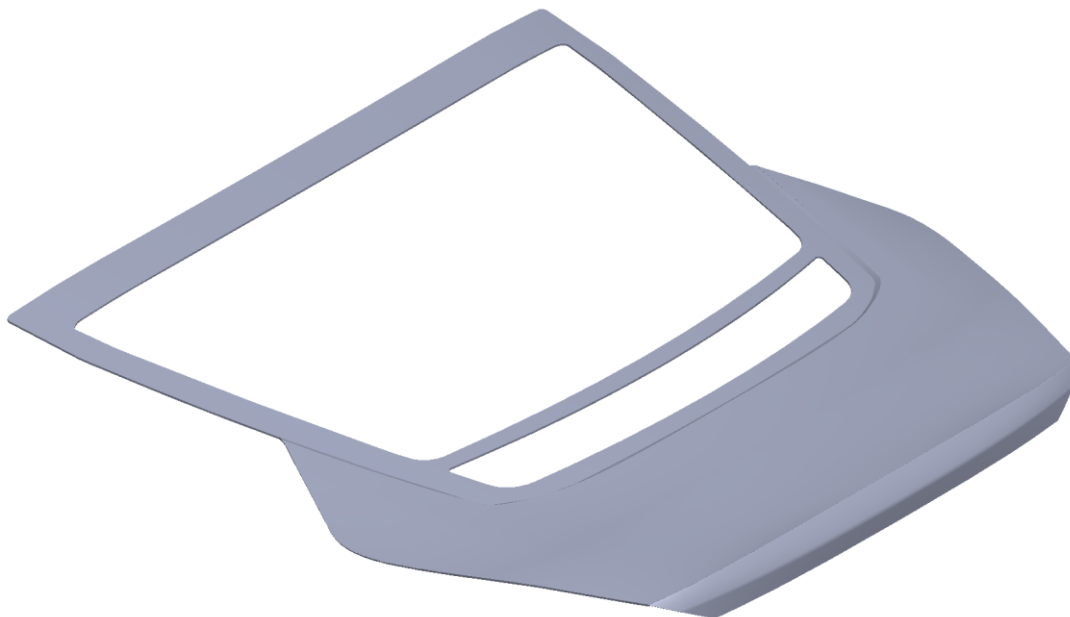


**Obrázek 11 3D modely dodané designerem**



### 2.1.1 Víko kufru

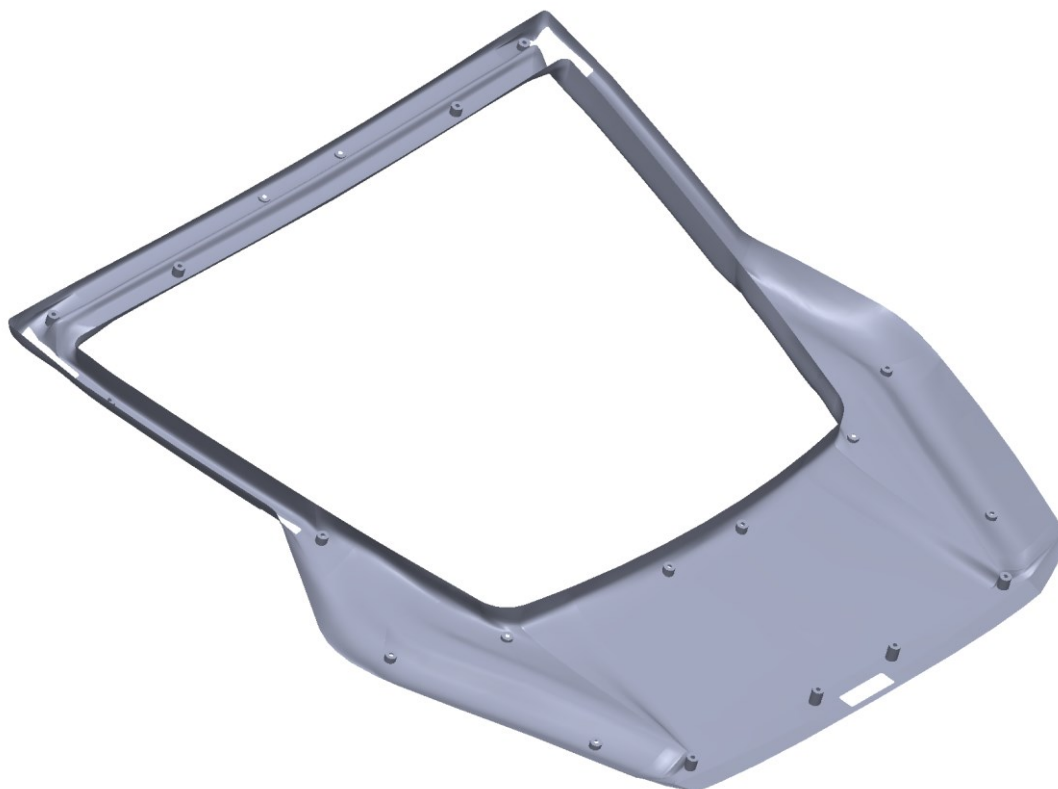
Designerem dodané plošné modely skla a víka kufru posloužily k vytvoření nového dílu víka s plochou pro přilepení skla (Obrázek 12). Tento nový díl nahrazuje původní model víka, avšak si zachovává veškeré původní tvary. Rozšířená plocha pod sklem byla vytvořena zkopírováním plochy skla. Mezi těmito novými plochami se nacházela mezera, která byla taktéž vyplněna plochou. Poté byla přidána tloušťka 3 mm směrem dovnitř vozidla.



Obrázek 12 Horní díl víka kufru

### 2.1.2 Spodní díl dveří

Spodní díl dveří je vytvořen z ploch tak, aby zakrýval části nosné konstrukce, a také kopíruje vnitřní okraje odtokového žlabu, aby docházelo společně s těsněním k uzavření zavazadlového prostoru (Obrázek 13). V tomto dílu je také několik otvorů pro panty, úchyty vzpěr, zámek a také otvory pro uchycení samotného dílu k nosné konstrukci.



Obrázek 13 Spodní díl víka kufru

### 2.1.3 Zavěšení dveří

Návrh otevírání, přesněji volba osy otáčení, kolem které se bude víko zavazadlového prostoru pohybovat, je ovlivněn několika faktory. Některé se vztahují ke konstrukčním či designovým prvkům, jiné zase k ergonomii používání.

Prvním faktorem je kombinace výšky vozidla a délky víka, kdy pro vytvoření vhodně velkého prostoru pro osobu obsluhující zavazadlový prostor je zapotřebí větší úhel mezi krajními polohami pohybu víka, aby spodní hrana otevřeného víka byla alespoň 1,80 m nad povrchem vozovky.

Dalším faktorem je design karoserie, přesněji poloměry zakřivení víka a také kontura střešního dílu. Tímto nabývají rohy víka ostrých úhlů a malých poloměrů zakřivení.

Důsledkem těchto faktorů nelze umístit střed otáčení vně karoserie či do prostoru příčného okapového žlabu tak, jak to bývá na mnoha konstrukcích typu „liftback“ (Obrázek 14).



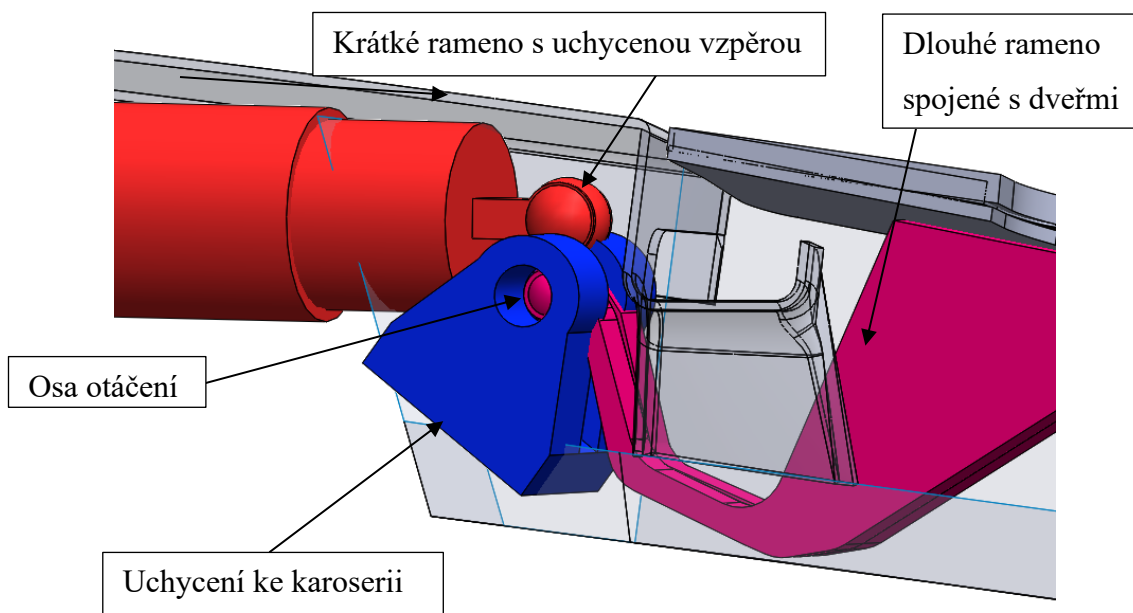
Obrázek 14 Automobil s dveřmi zavazadelníku typu liftback [19]

#### 2.1.4 Návrhy zavěšení

Ve fázi navrhování téměř vždy připadají v úvahu různé experimentální či efektní řešení. I zde to nebylo výjimkou. Záměrem bylo vytvořit mechanismy co nejkompaktnější, či elegantní, které by nekazily pohled na otevřený zavazadlový prostor.

##### První návrh

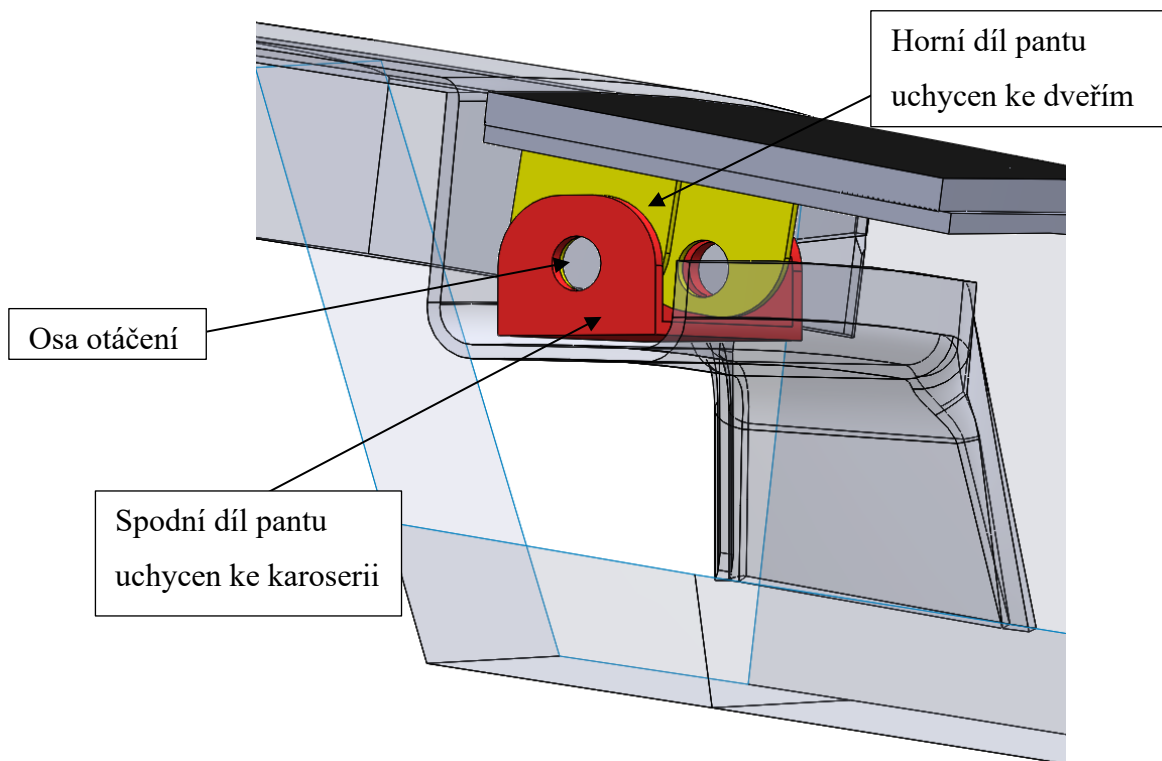
Prvním návrhem byla varianta jednoduchého pantu (Obrázek 15), který byl umístěn v kapse tvořené odtokovým žlabem pod střešním dílem. Tento pant byl tvořen nesymetrickými rameny, na delším rameni byly uchyceny samotné dveře, na druhém krátkém rameni byla uchycena vzpěra, která vedla v prostoru mezi střešním dílem a nosným rámem vozidla, do něhož byla svým druhým koncem přichycena. Tento návrh byl esteticky přijatelný a nevykazoval kolize, avšak toto řešení mělo několik nevýhod. Problém by tvořil především píst, který díky krátkému rameni by musel mít velmi krátký chod a poskytovat na této vzdálenosti velkou sílu, jak bylo následně potvrzeno kinematickým modelem. Taktéž by servis pístu vyžadoval odstrojení vnitřního obložení stropu interiéru.



Obrázek 15 První návrh mechanismu zavěšení – pákový mechanismus

### Druhý návrh

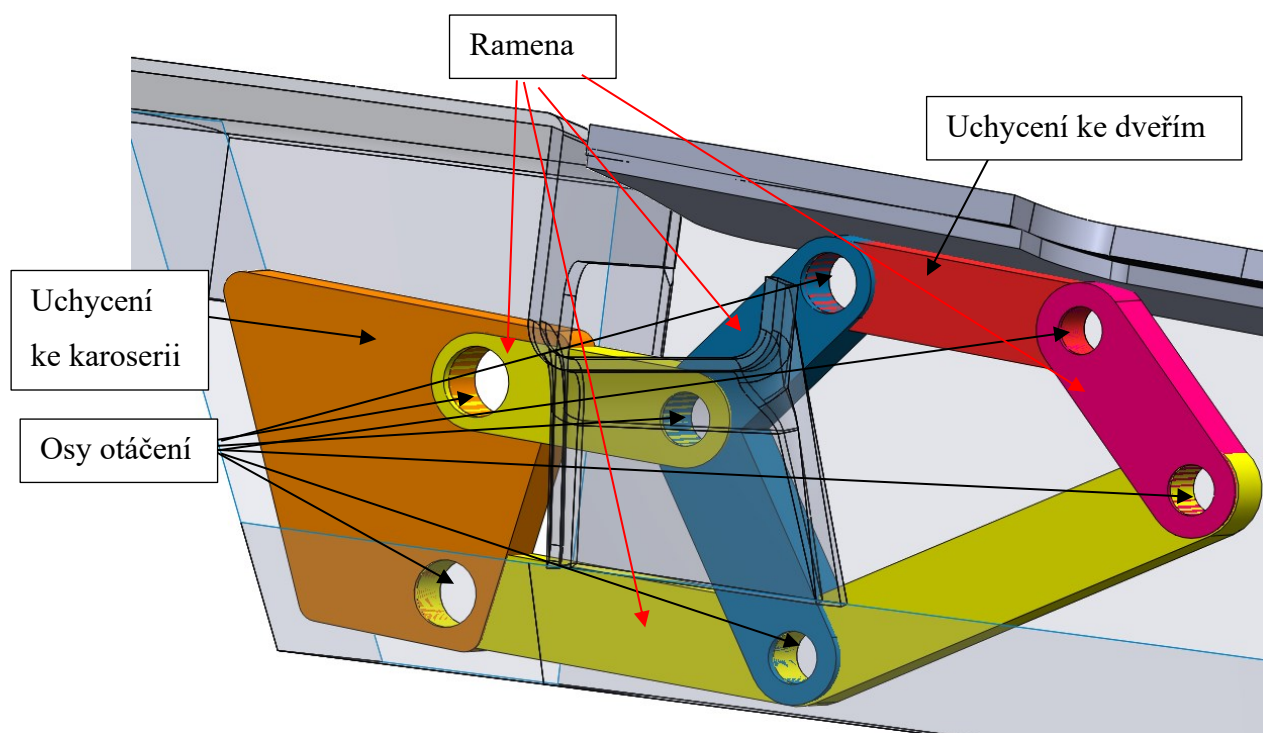
Druhým návrhem bylo opět použití jednoduchého pantu, tentokrát umístěného v příčném odtokovém žlabu (Obrázek 16). Zde již odpadaly instalační a servisní komplikace, avšak se vyskytly prostorové a kolizní problémy. Pant by musel být umístěn do velmi malého zástavbového prostoru a vznikaly by kolize již při malém úhlu otevření.



Obrázek 16 Druhý návrh mechanismu zavěšení – jednoduchý pant

### Třetí návrh

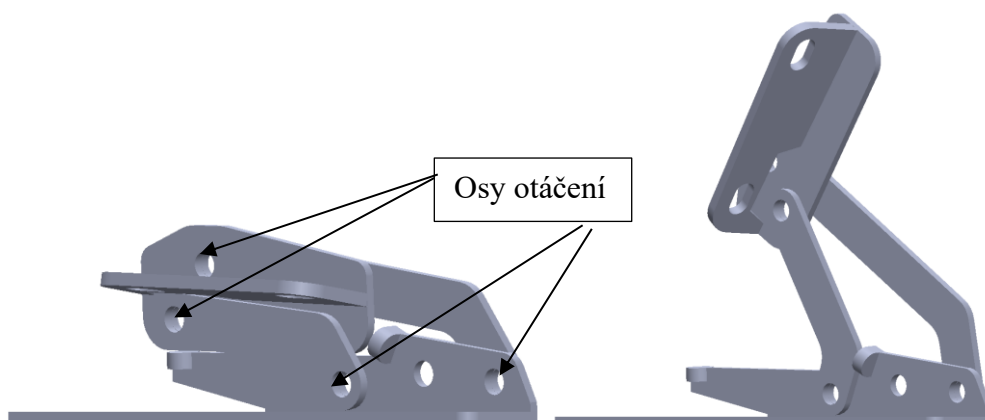
Další z variant se od předchozích uvedených prototypů liší použitím vícekloubového mechanismu umístěném v horní části okrajového žlabu (Obrázek 17). Jednalo se o mechanismus sedmi kloubových spojení, který v krajní poloze otevřeno nezpůsobil kolizi dveřního rámu a karosérie, avšak kvůli velkému počtu kloubových spojení byl pohyb i samotný mechanismus příliš složitý. Z této varianty částečně vychází i čtvrtý návrh.



Obrázek 17 Třetí návrh mechanismu zavěšení – složený mechanismus

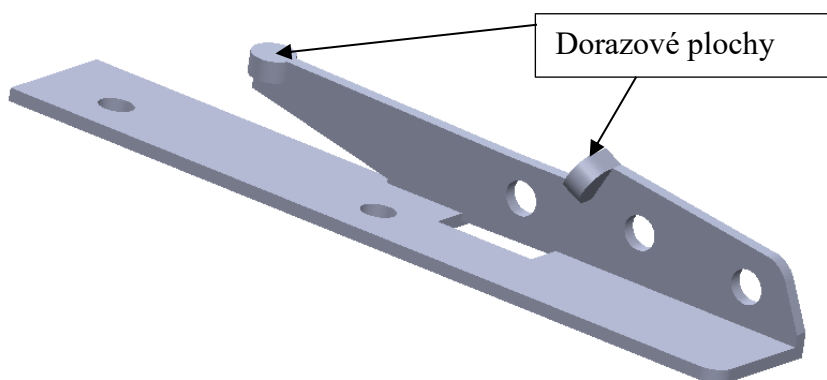
### Čtvrtý návrh

Tento návrh je finální, proto mu bylo věnováno nejvíce pozornosti a času při modelování. Zavěšení dveří tvoří čtyřkloubový mechanismus. Na obrázku (Obrázek 18) vidíme konečnou podobu zavěšení dveří ve svých dvou krajních polohách. Pohyb zavěšení je popsán v následujících kapitolách.



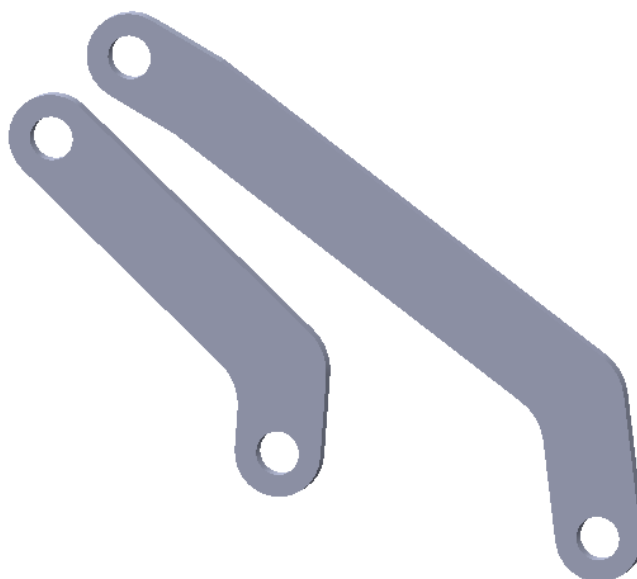
Obrázek 18 Kompletní mechanismus v krajních polohách

Základový díl (Obrázek 19) je tvořen plochou částí o tloušťce 3 mm s otvory pro montáž na karoserii vozu. Na ní je kolmo další plocha, taktéž o tloušťce 3 mm, s otvory pro ramena mechanismu a také pro kulový čep, na který se přichytí jeden z konců vzpěry. Zároveň se zde nachází dorazové plochy, které vymezují krajní polohy mechanismu.



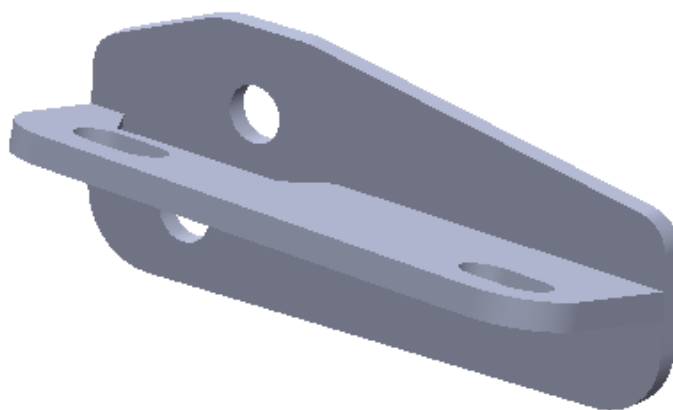
Obrázek 19 Spodní díl finálního pantu

Dále byly vymodelovány dvě plochá ramena tloušťky 3 mm ve tvaru L o různých délkách, přesněji se vzdálenostmi otvorů 121,8 mm na delším rameni a 70,1 mm na rameni kratším (Obrázek 20).



**Obrázek 20 Krátké a dlouhé rameno**

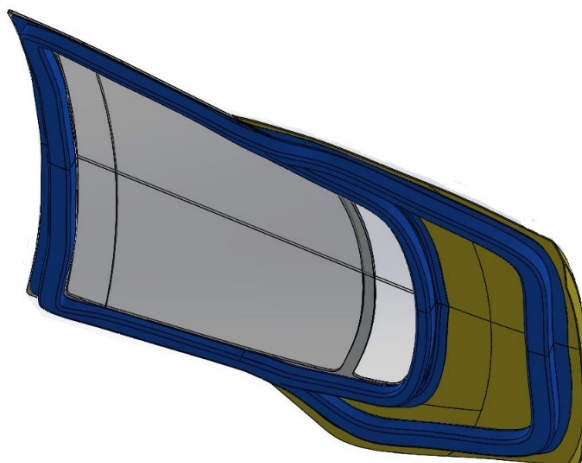
Posledním dílem zavěšení je horní díl (Obrázek 21). Jedná se opět o díl s tloušťkou 3 mm, kdy plochy již nejsou kolmé, ale svírají úhel 99°. Svislá část obsahuje otvory pro spojení s rameny mechanismu, vodorovná pak drážky pro uchycení a ustavení v rámu dveří.



**Obrázek 21 Horní díl finálního pantu**

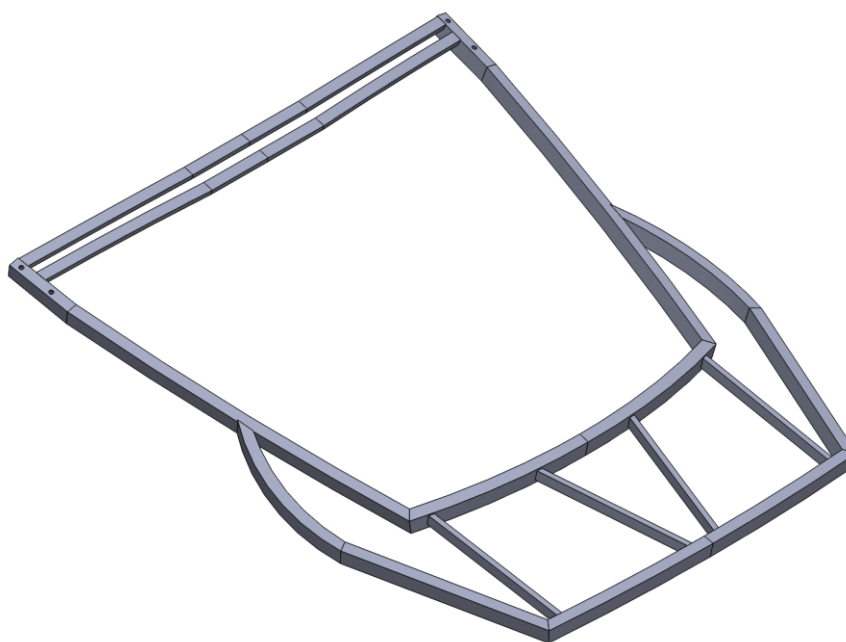
### 2.1.5 Rám dveří

Pro nosnou konstrukci byl prvním zvažovaným návrhem rám z kompozitu z uhlíkových vláken (Obrázek 22). Jednalo se o profil tvaru U tažený žlabem po stranách a horním a spodním obvodu skla, který by byl slepen s horním dílem dveří. Výhodou by byla možnost přesně kopírovat zástavbový prostor a docílení těsnosti. Tento návrh nebyl přijat z důvodu náročnosti výroby forem.



Obrázek 22 Návrh rámu z kompozitních materiálů

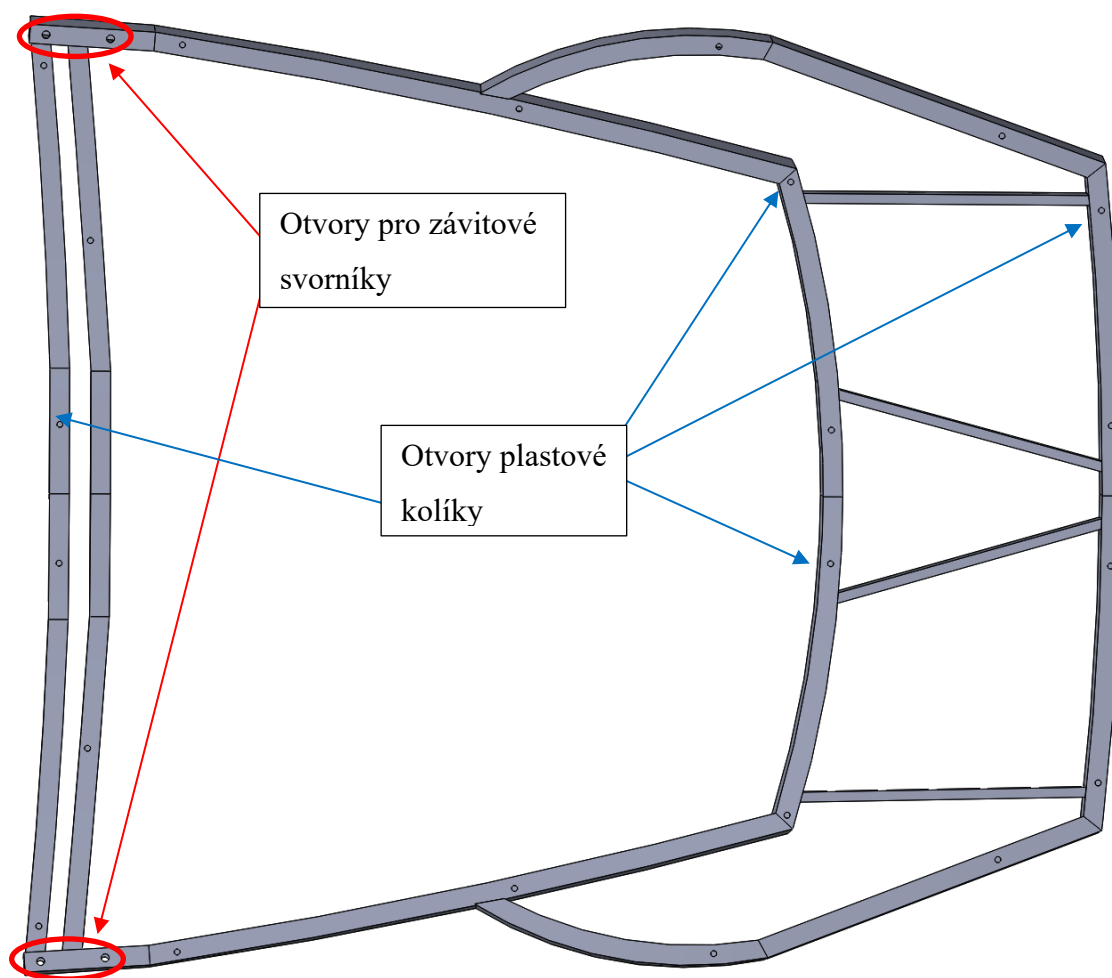
Další variantou je rám z obdélníkových profilů. Model rámu byl vytvořený pomocí 3D skici kopírující tvar dřívě vymodelovaného víka zavazadlového prostoru. Poté byly podél úseků této skici taženy profily o rozměrech 30x20x1,5 mm a 20x10x1,5 mm (Obrázek 23).



Obrázek 23 Rám ze svařovaných profilů



Na spodní straně rámu se pak nacházejí montážní otvory pro uchycení horní části pantu, přesněji závitové svorníky. Dále jsou zde otvory pro plastové kolíky, kterými se k rámu připevní spodní díl víka (Obrázek 24).

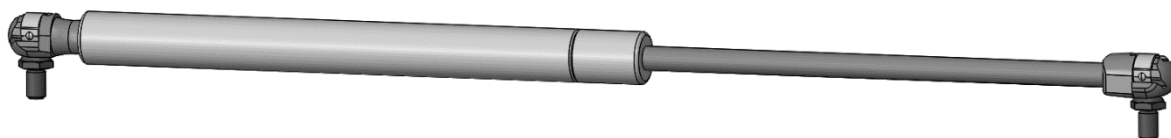


**Obrázek 24** Pohled na rám zespodu

Rám byl v průběhu pevnostních analýz několikrát upravován v rámci snížení jeho deformací.

## Píst

Plynová vzpěra byla přejata z CAD knihoven společnosti Stabilus (Obrázek 25). Přesněji se jedná o model č. 095338, který svými reálnými rozměry a rozpětím vyhovuje pro použití v 3D modelu. Model pístu byl pouze rozdělen na části, aby tyto části mohly být k sobě spojeny vazbami v modelu sestavy a tvořily tak pohyblivé součásti pro vizuální kontrolu kolizí celé sestavy. Píst v plně zasunutém stavu má délku 200 mm v plně vysunutém stavu 485 mm.



Obrázek 25 Píst LIFT-O-MAT značky Stabilus [20]

## Kotvící prvky

Kotvící prvky se na modelu nacházejí dva (Obrázek 26). První je malý plech s otvorem navařený na rámu sloužící jako bod k uchycení kulového čepu vzpěry.

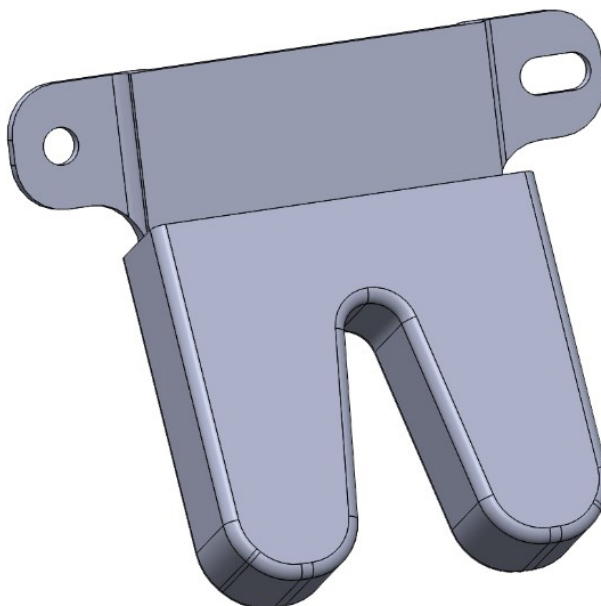
Druhý je plech pro montáž zámku dveří, ten se nachází na zadní části rámu



Obrázek 26 Kotvící prvky: pro zámek (vlevo), pro vzpěru (vpravo)

## **Zámek**

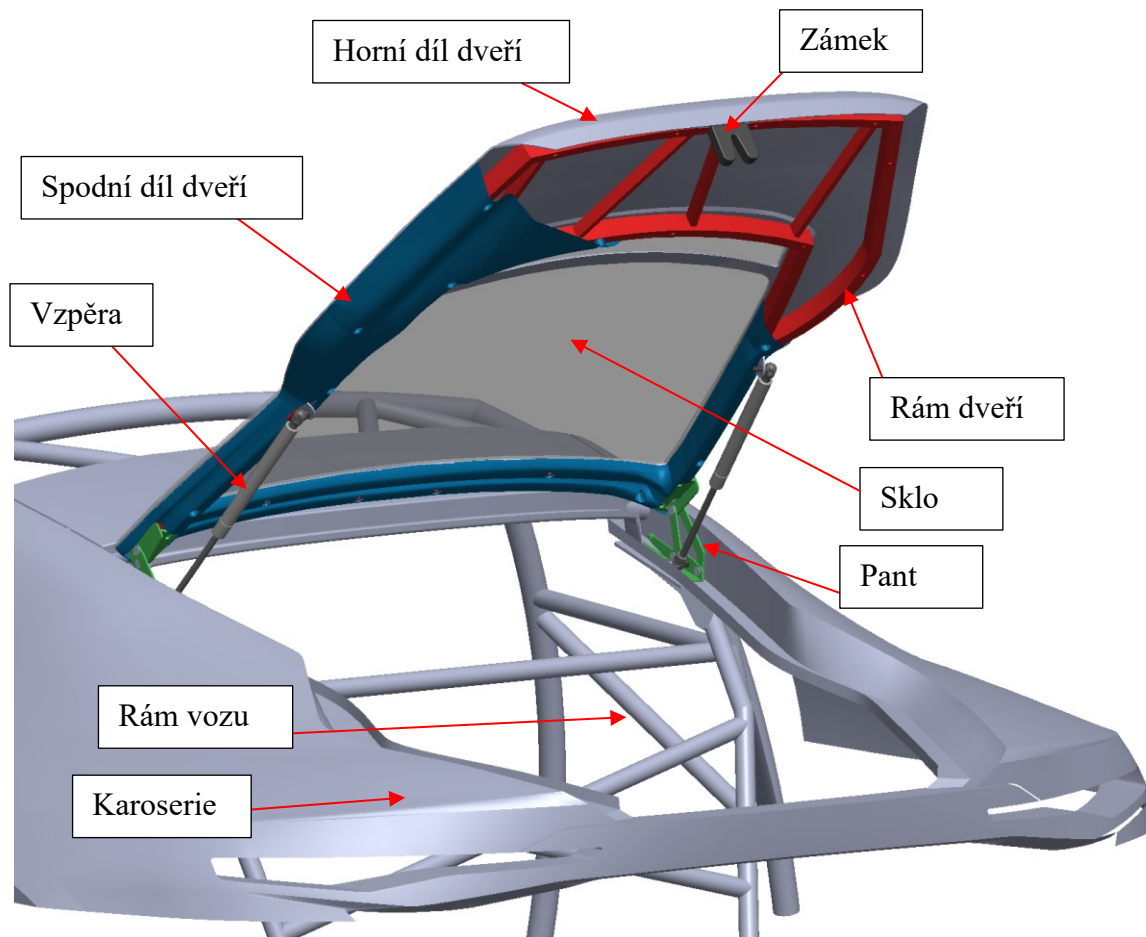
Model zámku byl vzhledem ke stavu vývoje vozu vytvořen z větší části pouze kosmeticky, avšak s důrazem na to, aby rozměry montážních otvorů odpovídaly reálné předloze, ostatní rozměry jsou s reálnými velmi podobné. V tomto případě se jedná o díl č. 3U0827202A koncernu VW (Obrázek 27).



**Obrázek 27 Zjednodušený model zámku**

## Kompletní sestava

Na obrázku (Obrázek 28) lze vidět sestavu dveří v částečném řezu se všemi modely umístěnou do karoserie.



Obrázek 28 3D model kompletní sestavy

### 3. KINEMATICKÝ MODEL DVEŘÍ ZAVAZADLOVÉHO PROSTORU S MECHANISMEM OTEVÍRÁNÍ

Tato kapitola se zabývá kinematikou dveří zavazadlového prostoru a závislosti ostatních částí na pohybu pantů. Kinematický model je vytvořen v softwaru ADAMS.

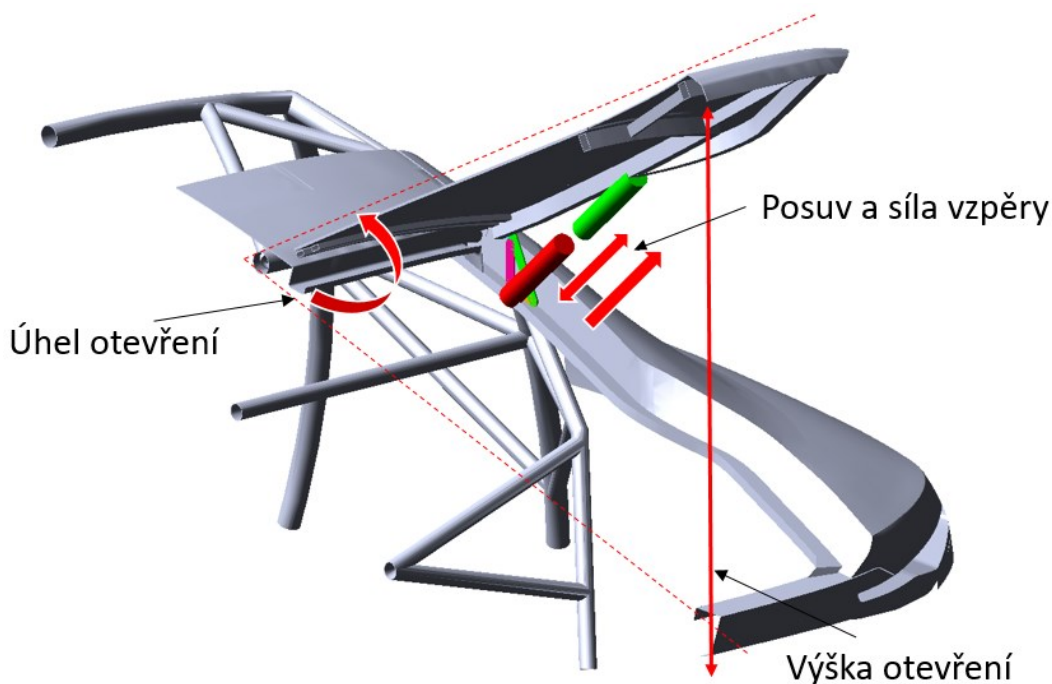
ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems) je software pro modelování, výpočet a simulaci mechanických soustav. Soustavy se mohou skládat z tuhých i flexibilních těles vázaných mezi sebou různými kinematickými vazbami. [21]

#### 3.1 Podmínky simulace

V simulacích byly zjišťovány parametry různých variant pantů. Jedná se o parametry úhlu otevření dveří, síly vzpěry potřebné k vykonání pohybu do určité polohy a délka vysunutí vzpěry (Obrázek 29). Společnými podmínkami simulací byly posuv bodu víka dveří po svislé ose do polohy, kdy by dosahoval reálné výšky 1,8 m nad vozovkou. Další podmínkou byla kolize s karoserií vozidla. Tento parametr byl kontrolován vizuálně na 3D modelu.

První dvě podmínky jsou splněny všemi variantami pantů, z nich pouze jeden splnil podmínku kolizí. Je to dáno především pokročilostí modelu poslední verze pantu vůči ostatním.

Simulace také probíhala pouze s polovinou vozu, kvůli zjednodušení sestavy. Všechny parametry týkající se hmotností byly tedy poloviční a simulace probíhala s jednou vzpěrou.



Obrázek 29 Použitý model pro simulaci kinematiky s vyznačenými pohyby a sledovanými parametry

### 3.2 Tvorba modelů

K vytvoření kinematického modelu jsem použil jednoduchých těl, které software nabízí.

Jedná se o těla typu spojka (link), deska (plate) a válec (cylinder). Ze spojek a desek byly vytvořeny části pantů. Válce byly použity ke zjednodušení vzpěr (Obrázek 30).

Aby tato těla spolu správně fungovala, byly k jejich funkčnímu spojení použity vazby.

První vazbou je pevná vazba. Ta slouží k pevnému spojení dvou těl a odebírá jim mezi sebou všechny stupně volnosti. Tuto vazbu jsem volil ke spojení těl vytvořených pantů a importovaných modelů, například spoj pant-rám.

Další vazbou je rotační kloub, ta mezi dvěma těly dovoluje pouze rotaci kolem jedné osy. Tyto vazby byly použity pro spojení jednotlivých částí pantů. Také jsem v těchto vazbách měřil úhly otočení.

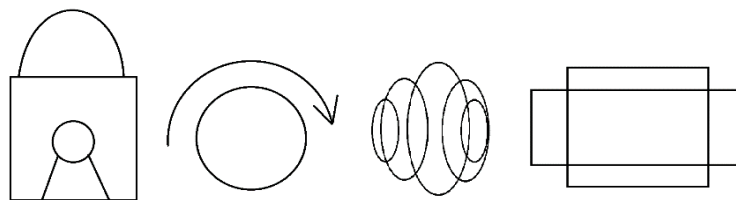
Rotaci těl kolem společného bodu dovoluje kloub kulový, který jsem používal jako vazbu mezi modelem vzpěry a karoserií či rámem dveří.

Abych vytvořil funkční model vzpěr, byla mezi dvěma válci použita vazba posuvná. Ta dovoluje posuv pouze v jednom směru, který uživatel zadá při tvorbě vazby.



Obrázek 30 Ikony prostředí ADAMS: prvky těl (vlevo), prvky vazeb (vpravo)

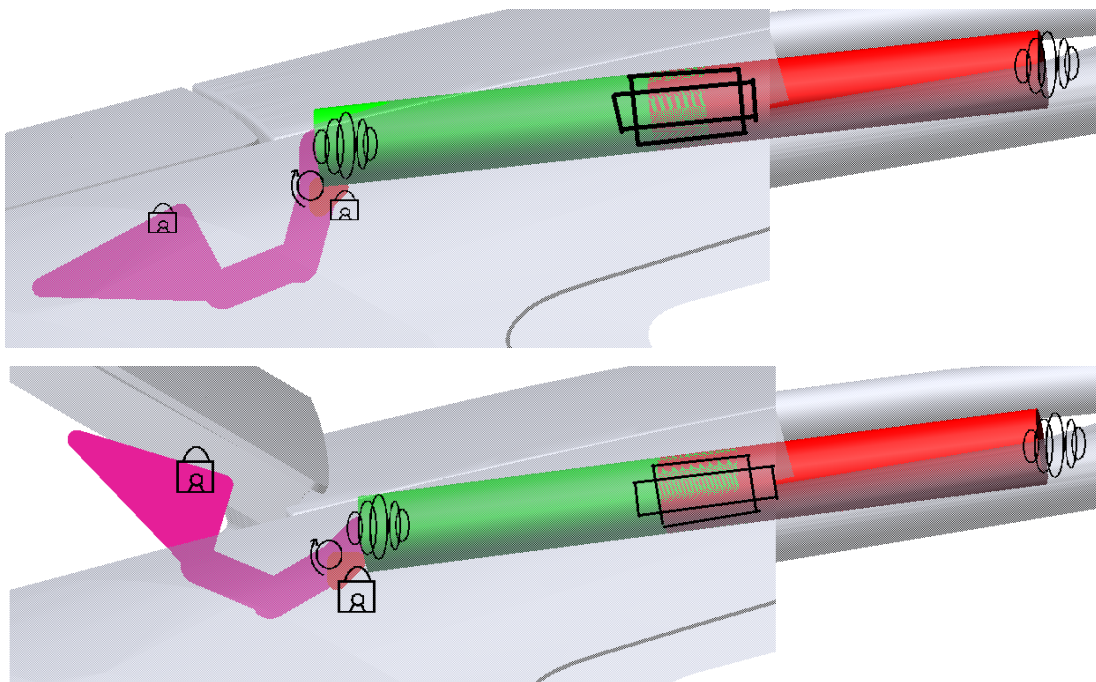
Všechny vazby mají v modelu své značky. Z důvodu přehlednosti jsou však na obrázcích níže nahrazeny jejich zjednodušenými piktogramy (Obrázek 31).



Obrázek 31 Značky vazeb používaných v sw MSC Adams, zleva: pevná, rotační kloub, kulový kloub, posuvná

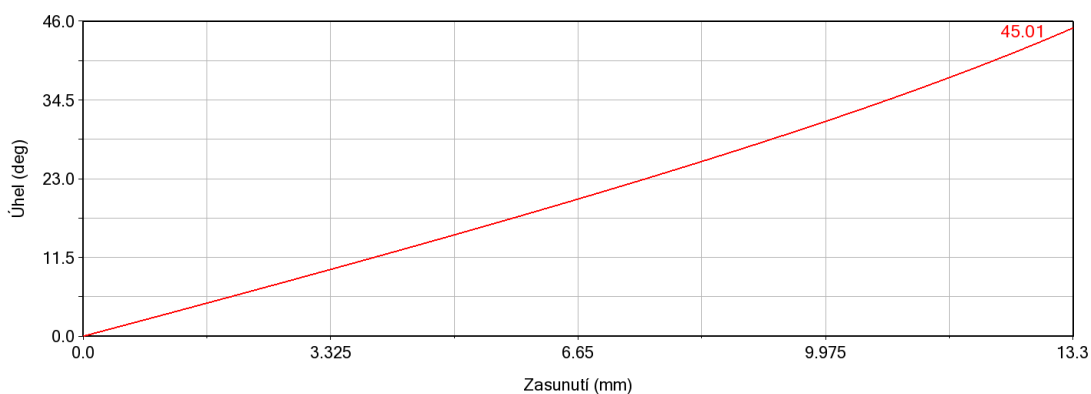
### 3.3 První model

Prvním modelem je mechanismus, kde se vzpěra nachází pod střešním dílem (Obrázek 32). Na obrázku je uveden její kinematický model. Tento mechanismus vytváří rotační pohyb dvou nesouměrných ramen kolem pevné osy.



Obrázek 32 Kinematický model prvního mechanismu s vyznačenými vazbami v obou krajních polohách

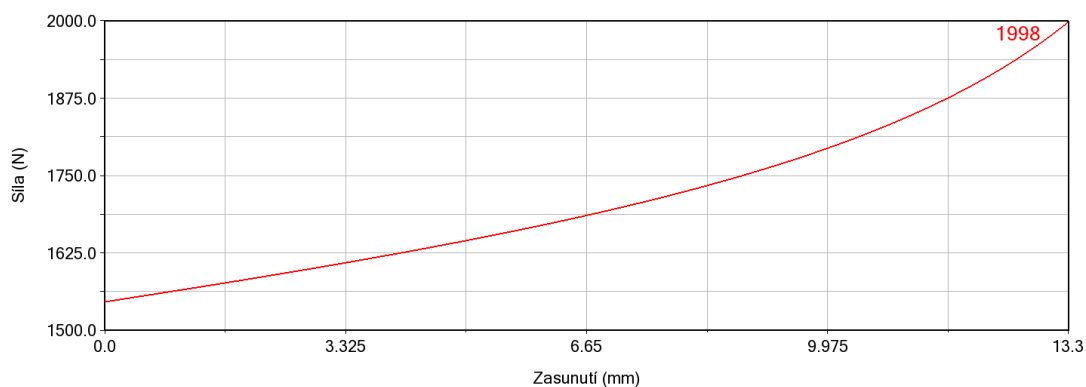
Dveře s tímto pantem dosahují úhlu otevření  $45^\circ$  (Obrázek 33). To má za následek nepoměr velikosti zasunutí pístu, které činí 13,3 mm vůči úhlu otevření dveří.



Obrázek 33 Závislost úhlu otevření na zasunutí

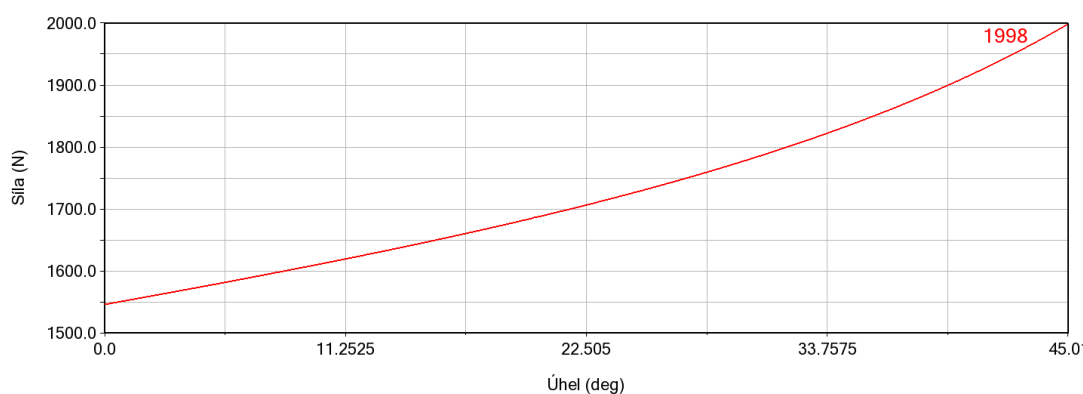


Na obrázku vidíme graf vztahu síly na délce zasunutí (Obrázek 34). Lze zde vidět, že vzpěra by musela mít tlačnou sílu až 2000 N. Tyto hodnoty jsou nepřiměřeně velké vzhledem k zasunutí, které je pouze 13,3 mm.



**Obrázek 34 Závislost síly vzpěry na zasunutí**

Na obrázku (Obrázek 35) vidíme také vztah síly, ale k úhlu otevření dveří. Průběh je stejný jako ve vztahu síly a zasunutí.



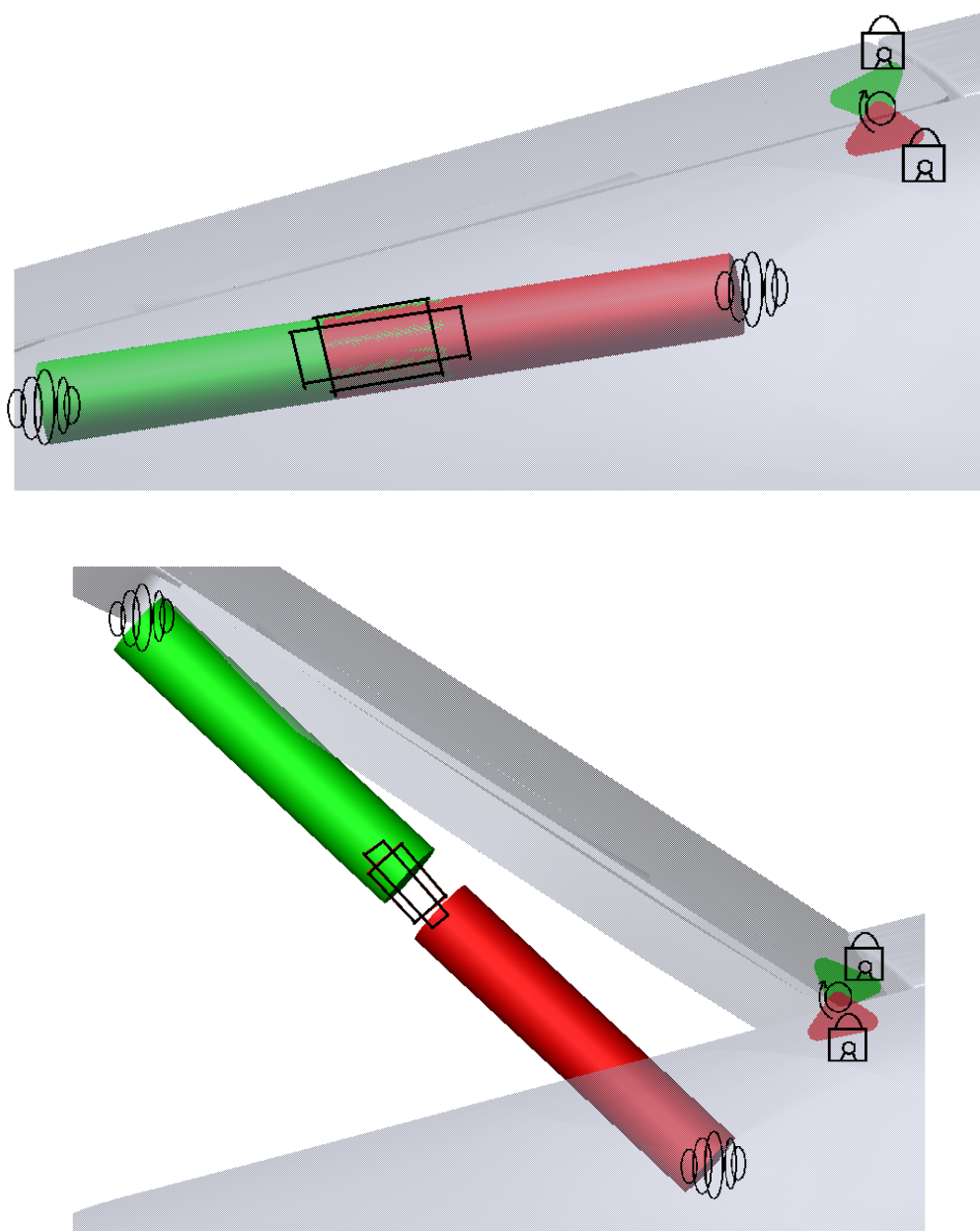
**Obrázek 35 Závislost síly na úhlu otevření**

Obtížně by se hledal vhodný díl s délkou chodu 13,3 mm, a který by zároveň vytvářel tahnou sílu téměř 2kN k otevření dveří.



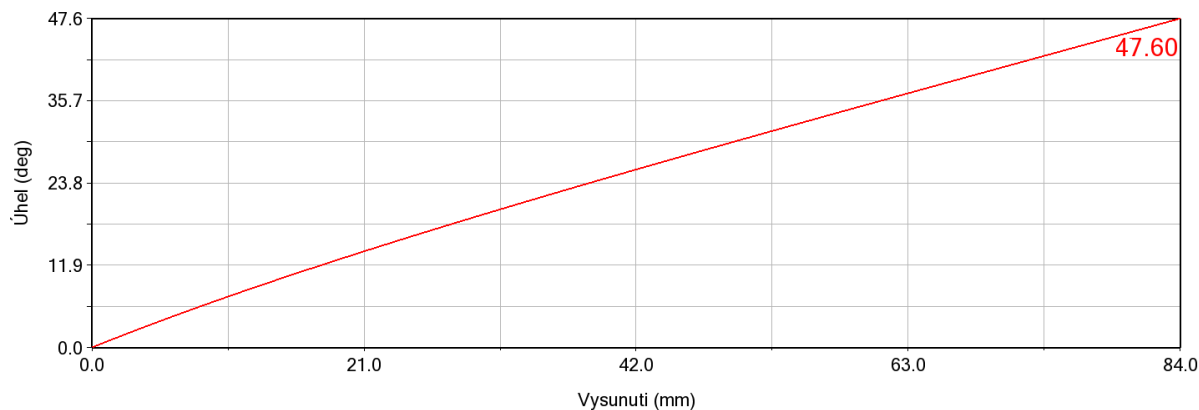
### 3.4 Druhý model

Další kinematický model se věnuje pohybu jednoduchého pantu v horním žlabu karosérie (Obrázek 36). Stejně jako předchozí model i tento koná rotační pohyb kolem pevné osy. Tento pant zvládl splnění zadaných pohybových podmínek

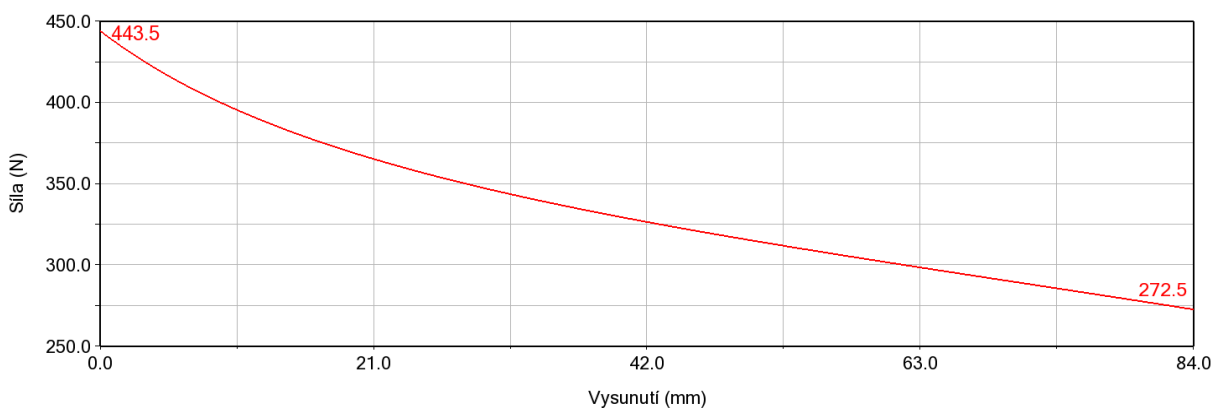


Obrázek 36 Kinematický model druhého mechanismu s vyznačenými vazbami v obou krajních polohách

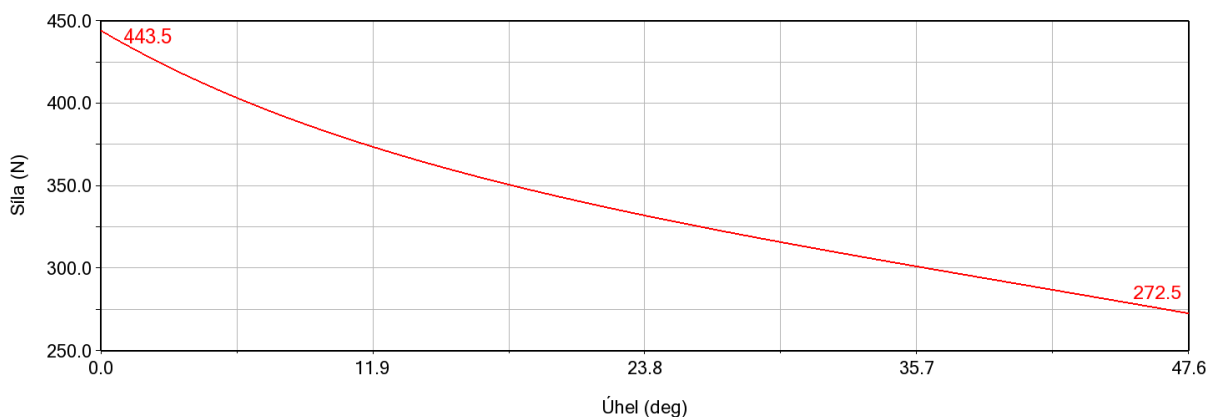
Dveře při dosažení požadované výšky byly otevřené o úhel  $47,6^\circ$  (Obrázek 37). Z naměřených dat vyplývá, že se vzpěra prodloužila o 84 mm (Obrázek 38). Na obrázku lze vidět, že k vykonání pohybu by bylo potřeba předpětí ve vzpěře 443,5 N, které klesá na hodnotu 272,5 N (Obrázek 39).



**Obrázek 37 Závislost úhlu otevření na vysunutí**



**Obrázek 38 Závislost síly vzpěry na vysunutí**

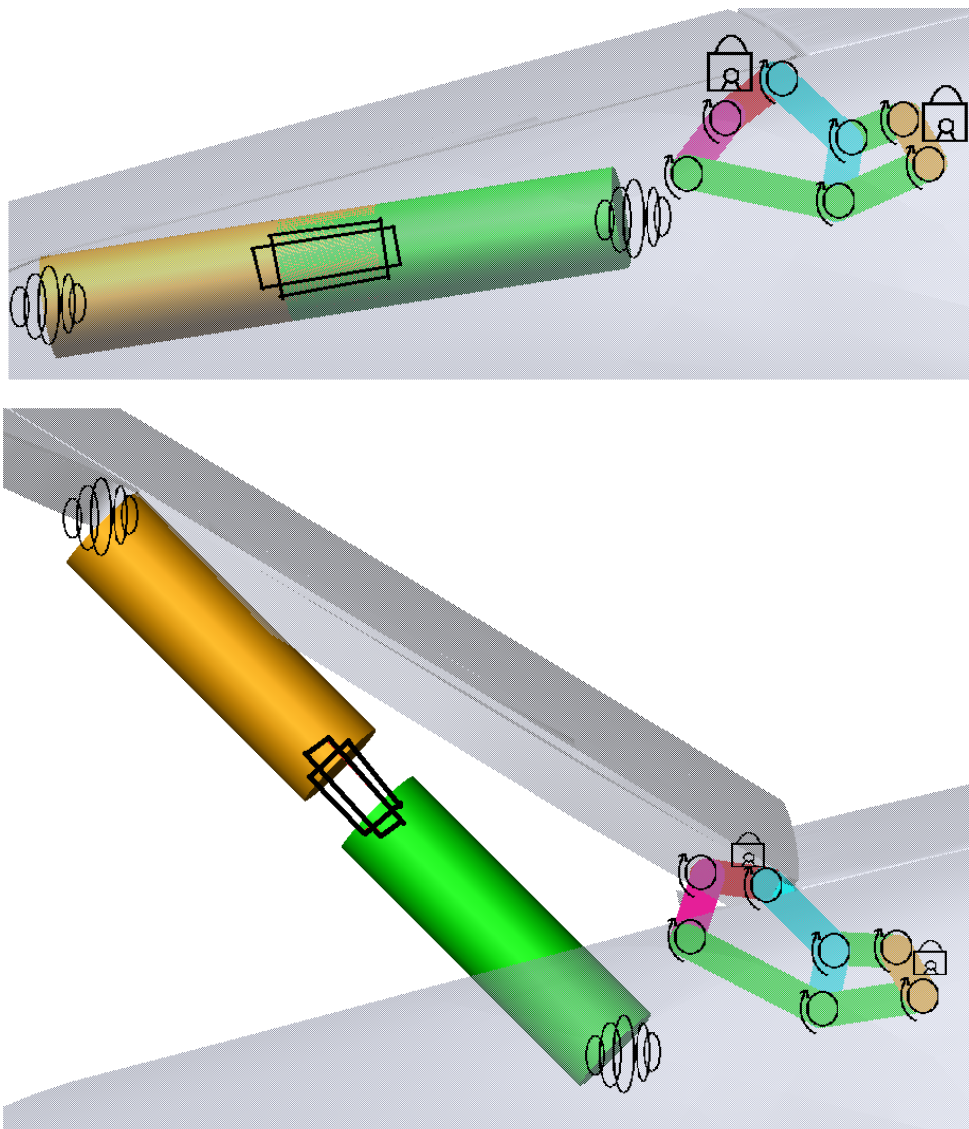


**Obrázek 39 Závislost síly na úhlu otevření**

U tohoto pantu však nastaly kolize již při velmi malém vysunutí pístu a reálně by tedy nebylo dosaženo požadované výšky otevření.

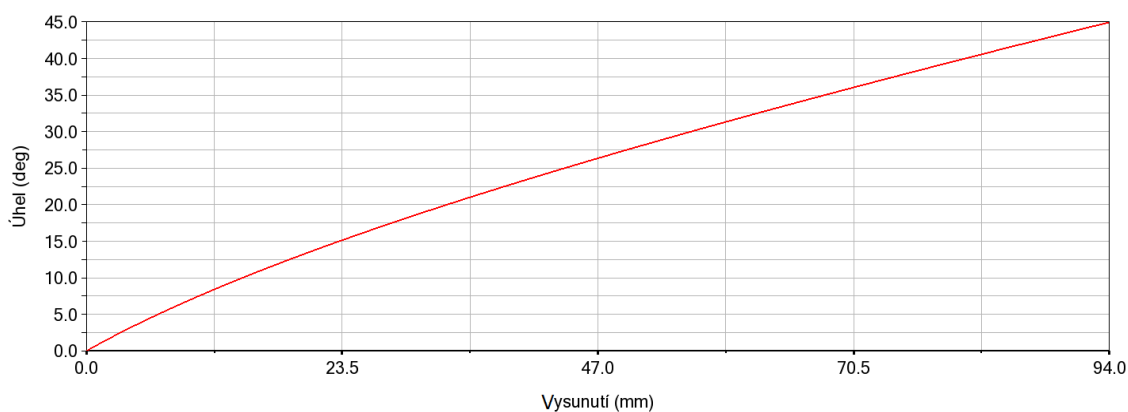
### 3.5 Třetí model

Po předchozích mechanismech, které fungovaly na principu jednoduchého pantu, jsem se snažil najít takový, který by konal více pohybů a tím dokázal vysunout dveře nad střešní díl. Model pantu na obrázku (Obrázek 40) je složený mechanismus, má sedm rotačních kloubů a celý mechanismus tak koná rotační pohyb kolem více os. Osy v základových dílech jsou pevné a ostatní osy jsou pohyblivé vůči sobě.

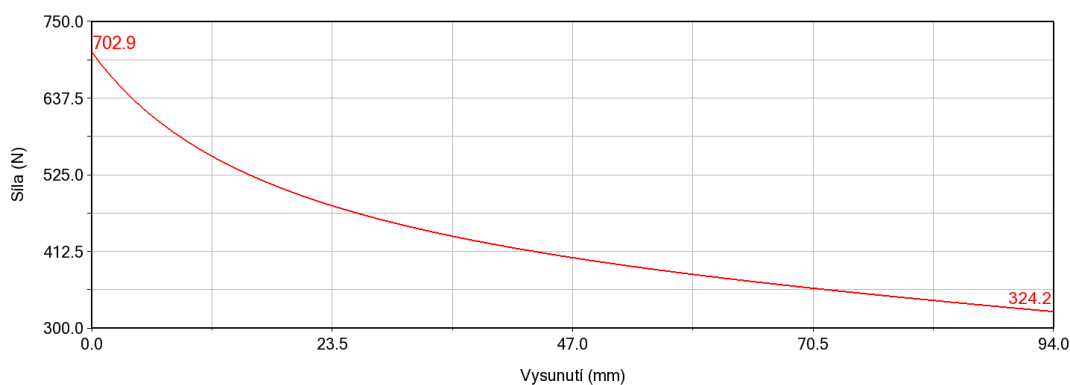


Obrázek 40 Kinematický model třetího mechanismu s vyznačenými vazbami v obou krajních polohách

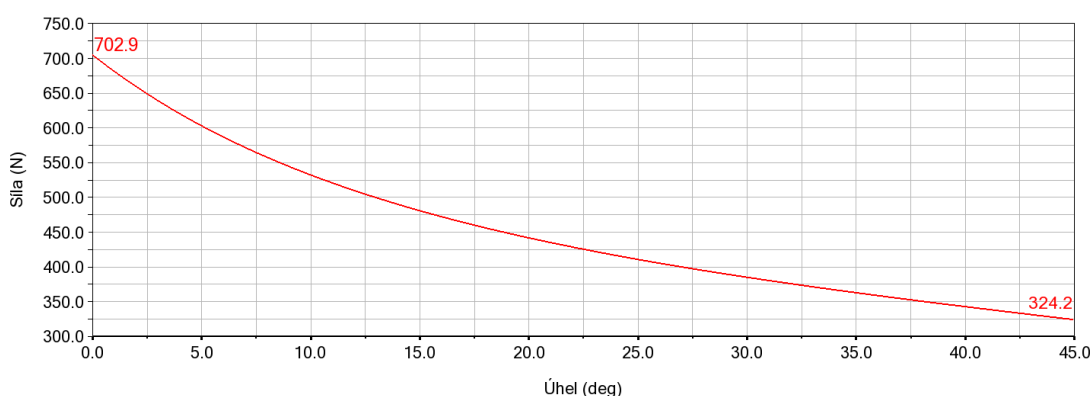
Tento model splnil podmínky pohybu – dveře otevřel o úhel  $45^\circ$  (Obrázek 41) a vzpěra se při tomto úhlu vysunula o 94 mm (Obrázek 42). Mechanismus by opět potřeboval předpjatou vzpěru s počáteční hodnotou 702,9 N, která by po vysunutí do koncové polohy poskytovala sílu alespoň 324,2 N (Obrázek 43).



**Obrázek 41 Závislost úhlu otevření na vysunutí**



**Obrázek 42 Závislost síly vzpěry na vysunutí**



**Obrázek 43 Závislost síly na úhlu otevření**

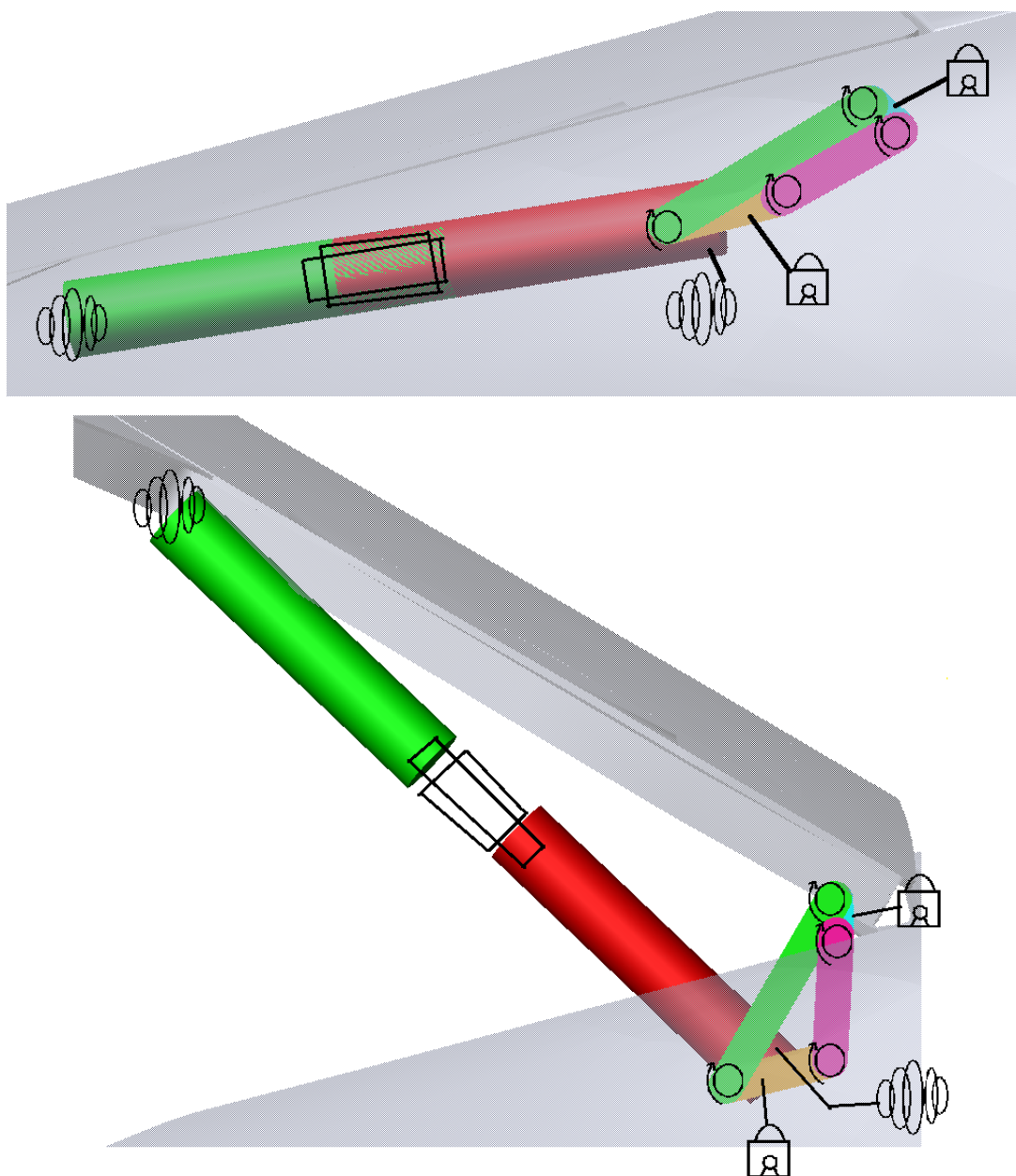
Pant teoreticky dokázal svým pohybem posunout horní část dveří nad střešní díl, avšak s karoserií kolidoval při  $10^\circ$  otevření. Po otočení na  $29^\circ$  kolize přestaly.

Vývoj tímto směrem se tedy zdál být správný, ale počet součástí a os rotace činí pant příliš složitým.



### 3.6 Čtvrtý model

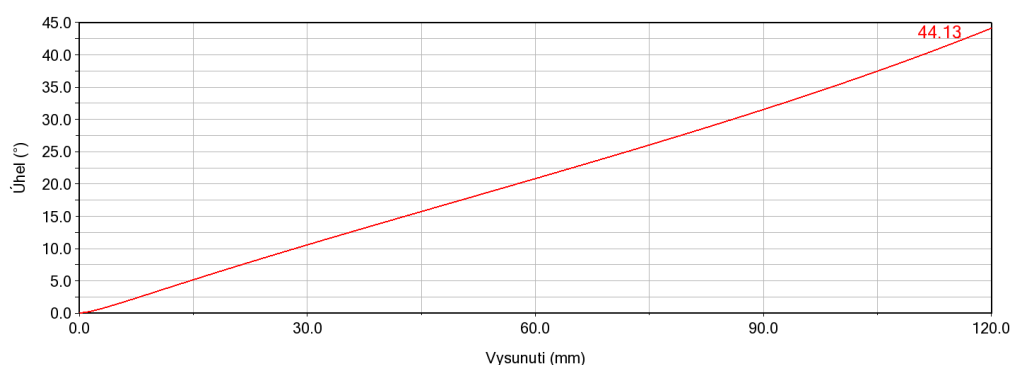
Poslední a také konečný návrh je čtyřkloubový mechanismus vycházející částečně z předchozího modelu (Obrázek 44). Tomuto návrhu bylo věnováno nejvíce času a jeho pohyb tedy splňuje veškeré zadané podmínky, včetně kolizí. Z kinematického hlediska se jedná o čtyřčlenný dvojvahadlový mechanismus s jedním stupněm volnosti. [22]



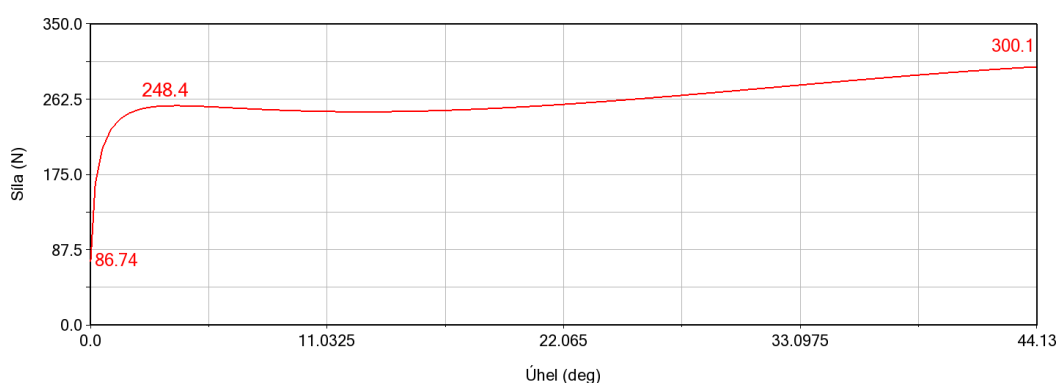
Obrázek 44 Kinematický model čtvrtého mechanismu s vyznačenými vazbami v obou krajních polohách

Do polohy 1,8 m zvládá dveře otevřít v úhlu  $44,13^\circ$  (Obrázek 45)., reálně má však rozsah až  $57^\circ$ . Na obrázku lze vidět, že průběh síly potřebné k otevření je od 8 mm vysunutí téměř konstantní. Do tohoto prodloužení se zvyšuje rapidně z počáteční hodnoty 86,74 N na 248,4 N (Obrázek 46). Nejvyšší hodnoty síly dosahuje v konečné poloze vysunutí 120 mm a to 300 N (Obrázek 47).

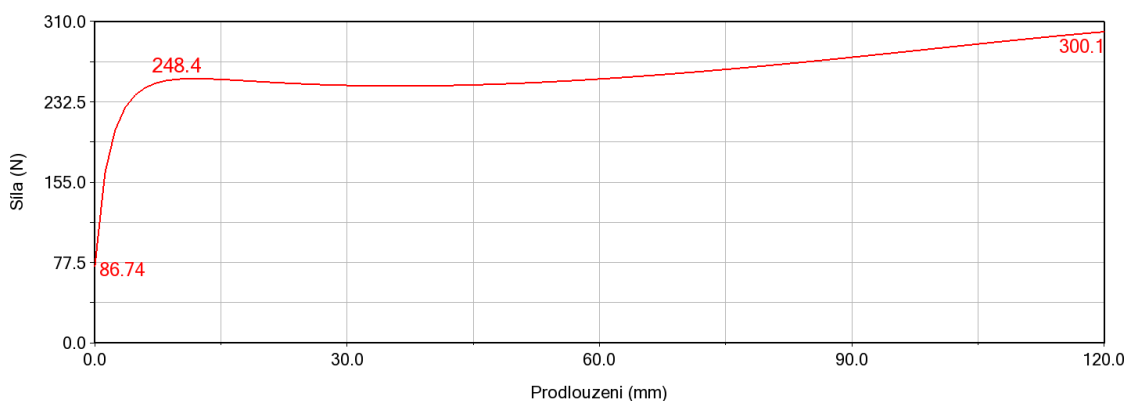
Počáteční hodnota sil vychází z podstaty pohybu pantu, kdy pant nejprve koná dveřmi spíše pohyb posuvný vzhůru v průběhu dosažení 8 mm. Poté dochází k rotaci horních os otáčení kolem sebe.



**Obrázek 45 Závislost úhlu otevření na vysunutí**



**Obrázek 46 Závislost síly na úhlu otevření**



**Obrázek 47 Závislost síly vzpěry na vysunutí**

## 4. PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

Tato kapitola se věnuje pevnostním výpočtům rámu dveří pomocí metody analýzy konečných prvků (MKP) v softwaru Ansys Workbench 18.0.

### Zvolené materiály

V souladu s tvarovým návrhem rámu jsem zvolil dva kovové materiály, ze kterých se vyrábějí v rámu použité profily 30x20x1,5 a 20x10x1,5 mm. Prvním je konstrukční ocel ČSN EN 10025 S235JR. Jedná se o nelegovanou ocel pro málo namáhané díly, šroubované i svařované konstrukce. Druhým materiálem byla hliníková slitina AlMgSi. EN AW 6060 T66. Oba materiály jsem volil díky dobré svařitelnosti, vzhledem k výrobnímu procesu rámu. Na níže uvedeném obrázku je tabulka mechanických vlastností obou materiálů (Obrázek 48). [23] [24]

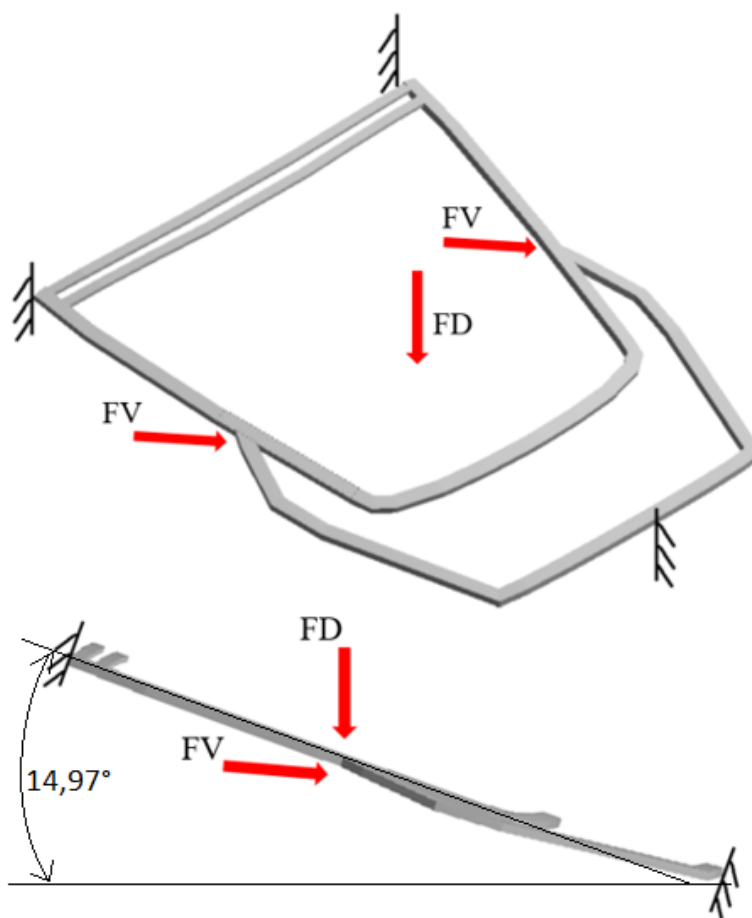
	Hustota [g.cm-3]	E [GPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	Poissonovo číslo
Ocel S235JR	7850	210	460	225	0,3
EN AW 6060 T66	2710	70	215	160	0,33

Obrázek 48 Srovnání pevnostních vlastností uvažovaných materiálů [24] [25]

Pro pevnostní výpočty byly zvoleny tři polohy, ve kterých se rám dveří může nacházet - „zavřená“, „vodorovná“ a „otevřená“. Pro každý z těchto stavů byly pomocí měření z 3D modelů vypočítány směry působících sil, které jsou uvedeny v tabulkách u každé z poloh.

## 4.1 Poloha zavřeno

První polohou je poloha „zavřeno“ (Obrázek 49). Tato poloha simuluje rám dveří v zavřené poloze. Rám je vetknutý ve třech bodech – v místech uchycení pantu v horních rozích rámu a v místě uchycení zámku. Rovina rámu svírala s vodorovnou rovinou úhel  $14,97^\circ$ , což je hodnota zavřených dveří vůči vozovce. K tomuto úhlu se váže rozklad sil zadávaných do softwaru (Obrázek 50). V této poloze je rám zatížen gravitačním zrychlením  $a_g$  působícím v celém objemu tělesa. Ve stejném směru působí taktéž síla  $F_D$ , která nahrazuje hmotnost ostatních částí dveří. Dále v místech uchycení vzpěr působí síla  $F_V$  pro každou vzpěru zvlášť.



Obrázek 49 Působení sil v poloze "zavřená"

	X	Y
$a_g$ (mm.s <sup>-2</sup> )	0	-9810
$F_V$ (N)	1122	-251,93
$F_z$ (N)	není	není
$F_D$ (N)	0	-147,15

Obrázek 50 Tabulka složek zadávaných sil pro polohu "zavřeno"

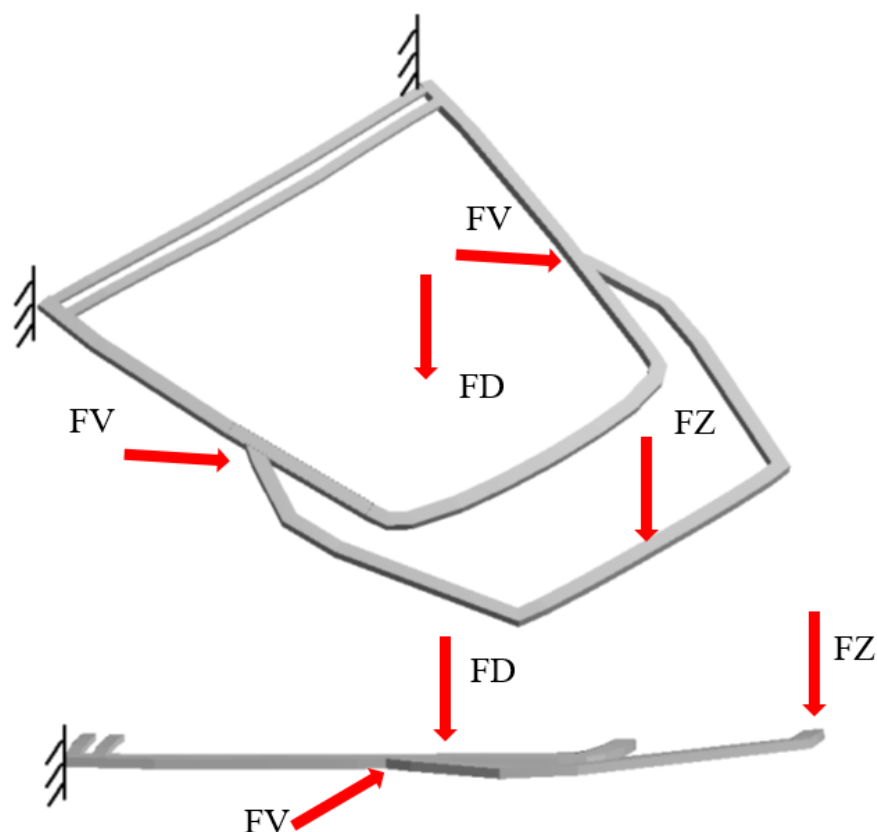


## 4.2 Vodorovná poloha

Další polohou je „vodorovná“ poloha (Obrázek 51). Rovina rámu byla vodorovná se základní plochou. Zde byl rám vetknut v místech uchycení pantů.

Na rám pak opět působí tíhové zrychlení  $a_g$ . Ve stejném směru také síla  $F_D$  a nově i  $F_Z$  (Obrázek 52), která působí na volný konec a vyjadřuje velikost síly potřebnou k překonání odporu vzpěr  $F_V$ .

V této poloze také probíhalo ověřování deformací a napětí, protože se jedná polohy, kdy všechny působící síly mají největší ohybový moment.



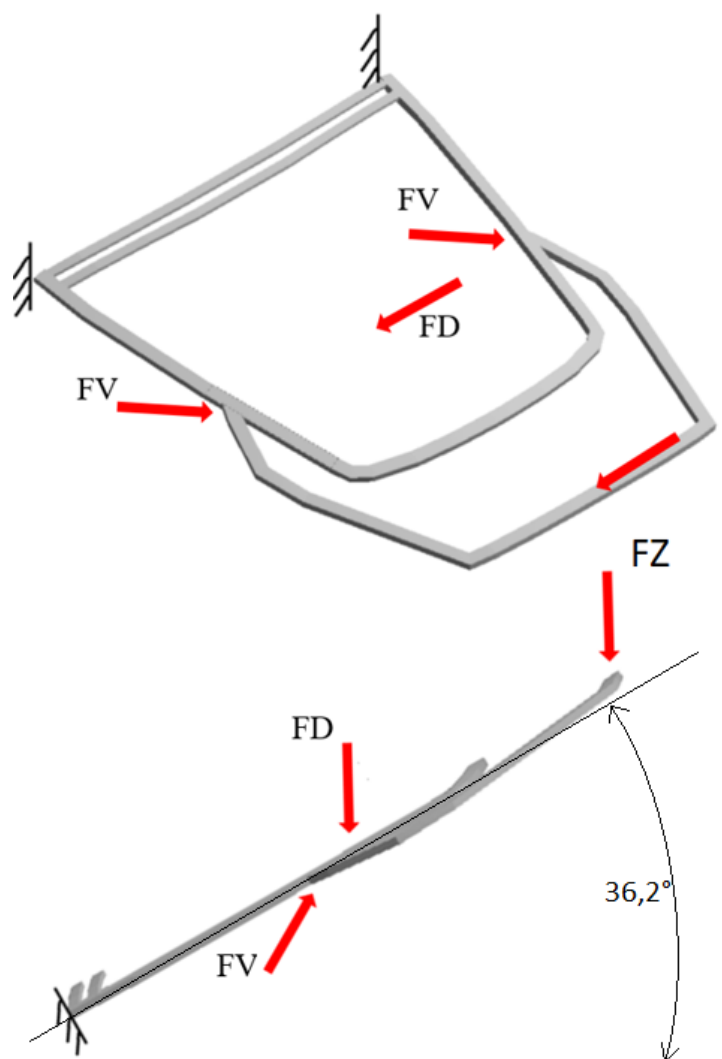
Obrázek 51 Působení sil v poloze „vodorovná“

	X	Y
$a_g$ (mm.s <sup>-2</sup> )	0	-9810
$F_V$ (N)	1116,42	280
$F_Z$ (N)	0	-147,15
$F_D$ (N)	0	-147,15

Obrázek 52 Tabulka složek zadávaných sil pro polohu „vodorovná“

### 4.3 Poloha otevřeno

Poslední měřenou polohou byla „otevřená“ (Obrázek 53). Tato konfigurace se od předchozí polohy liší pouze úhlem, který svírá rovina rámu s rovinou vodorovnou, tj.  $36,2^\circ$ , který je stejný jako je maximální úhel otevření v modelu, a tedy i směry působení sil vůči rámu (Obrázek 54). Od tohoto úhlu se také odvíjí změna směru působících sil, přesněji síly  $F_V$ .



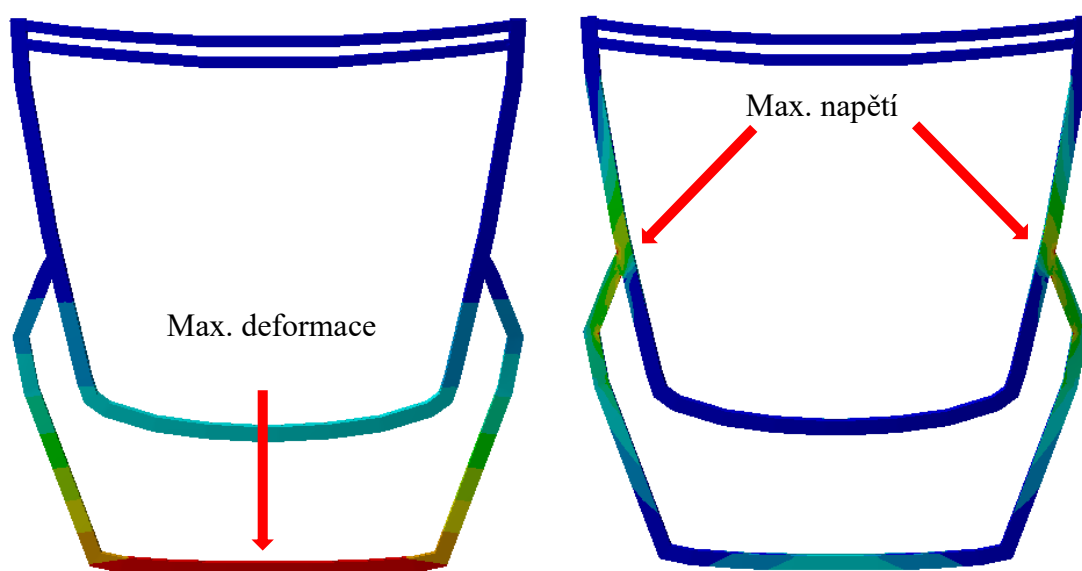
Obrázek 53 Působení sil v poloze "otevřená"

	X	Y
$a_g$ (mm.s <sup>-2</sup> )	0	-9810
$F_V$ (N)	747,76	875
$F_Z$ (N)	0	-147,15
$F_D$ (N)	0	-147,15

Obrázek 54 Tabulka složek zadávaných sil pro polohu „otevřeno“

## 4.4 Výsledky analýz

Na obrázku níže jsou znázorněny oblasti (Obrázek 55), ve kterých během výpočtů bylo dosahováno největších deformací a napětí. Oblast s největšími deformacemi se nacházela na konci rámu, opačně od pantů. Nejvyšší napětí byla v místech působení sil vzpěr, tedy v místech jejich reálného uchycení.



Obrázek 55 Oblasti maximálních deformací (vlevo) a maximálních napětí (vpravo)

V tabulce na obrázku (Obrázek 56) jsou zaneseny všechny maximální hodnoty deformací, které byly naměřeny pro všechny čtyři verze rámu. Ocel, už z podstaty materiálu, vykazuje přibližně třikrát nižší deformace než hliníková slitina.

	Deformace [mm]							
	1. verze		2. verze		3. verze		4. verze	
Poloha	AlMgSi	Konstr. ocel	AlMgSi	Konstr. ocel	AlMgSi	Konstr. ocel	AlMgSi	Konstr. ocel
Otevřená	28,43	8,57	19,89	5,68	20,66	5,28	3,73	0,63
Vodorovná	48,11	15,18	37,06	11,38	36,25	10,86	8,85	2,28
Zavřená	7,25	2,36	4,74	1,55	4,19	1,42	1,46	0,49

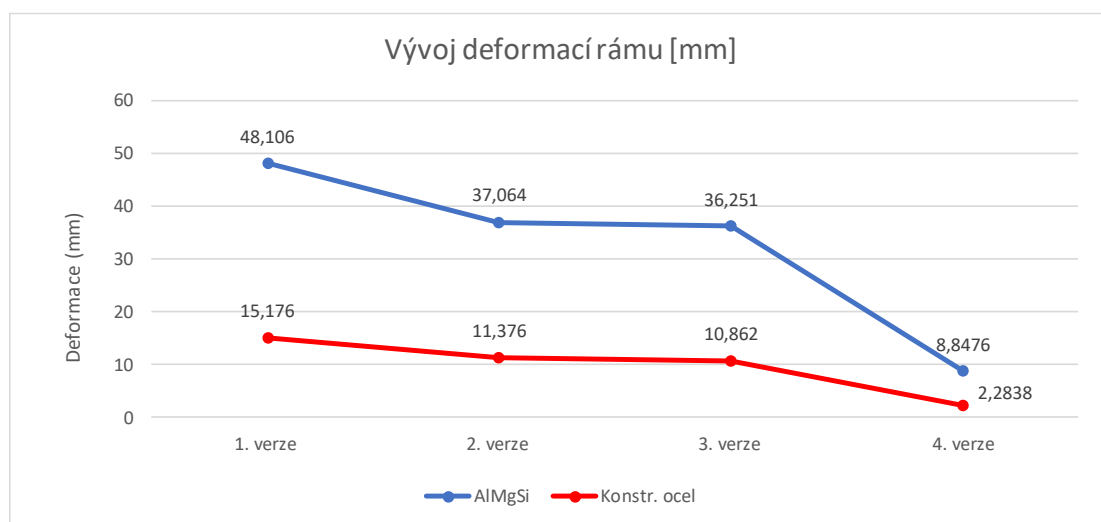
Obrázek 56 Tabulka maximálních deformací rámu v měřených polohách

Na obrázku (Obrázek 57) vidíme tabulku naměřených hodnot maximálních napětí v materiálu. Rozdíly mezi materiály nejsou velké a mezi prvními třemi verzemi jsou minimální. Rozdíl tvoří opět poslední verze.

	Napětí [Mpa]							
	1. verze		2. verze		3. verze		4. verze	
Poloha	AlMgSi	Konstr. ocel	AlMgSi	Konstr. ocel	AlMgSi	Konstr. ocel	AlMgSi	Konstr. ocel
Otevřená	123,39	118,86	115,26	110,44	109,01	98,77	74,02	69,67
Vodorovná	146,34	140,56	134,61	126,85	143,90	130,85	84,95	79,50
Zavřená	103,68	101,21	92,00	92,91	88,39	86,47	65,07	63,84

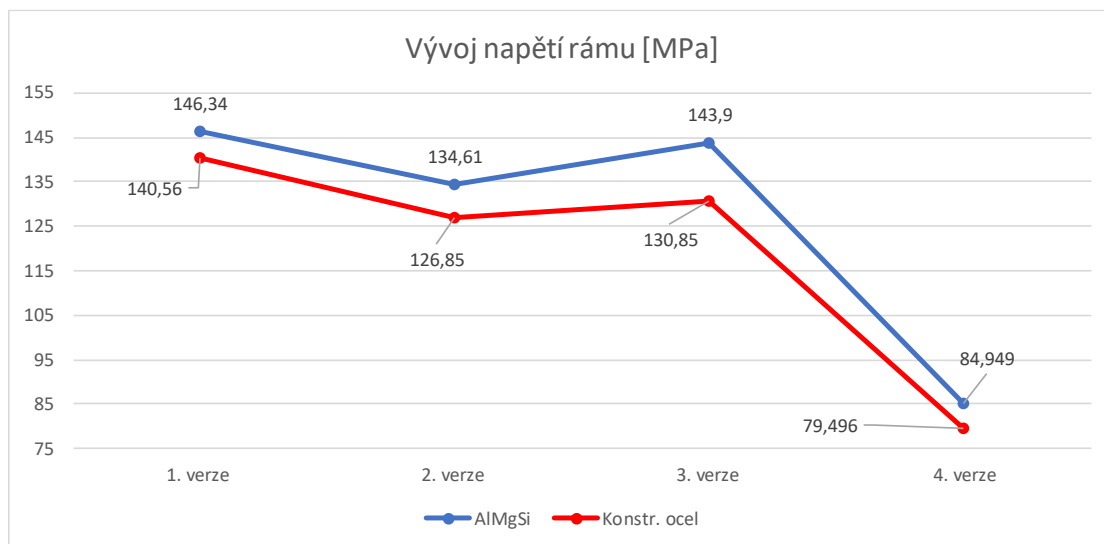
**Obrázek 57** Tabulka maximálních napětí rámu v měřených polohách

Na obrázku (Obrázek 58) níže je graf znázorňující vývoj maximálních deformací v poloze „vodorovná“ v různých verzích rámu pro oba materiály. Maximální deformace s přidáváním výztuh postupně klesaly. Rozdíl nastal již u druhé verze, kdy došlo k přidání výztuh mezi příčné profily. Po přidání dalšího páru výztuh deformace poklesly v řádu desetin mm. Uspokojivých výsledků dosáhla až čtvrtá verze rámu, a to pouze materiál konstrukční ocel, který měl hodnotu 2,28 mm.



**Obrázek 58** Graf vývoje maximálních deformací v různých verzích rámu

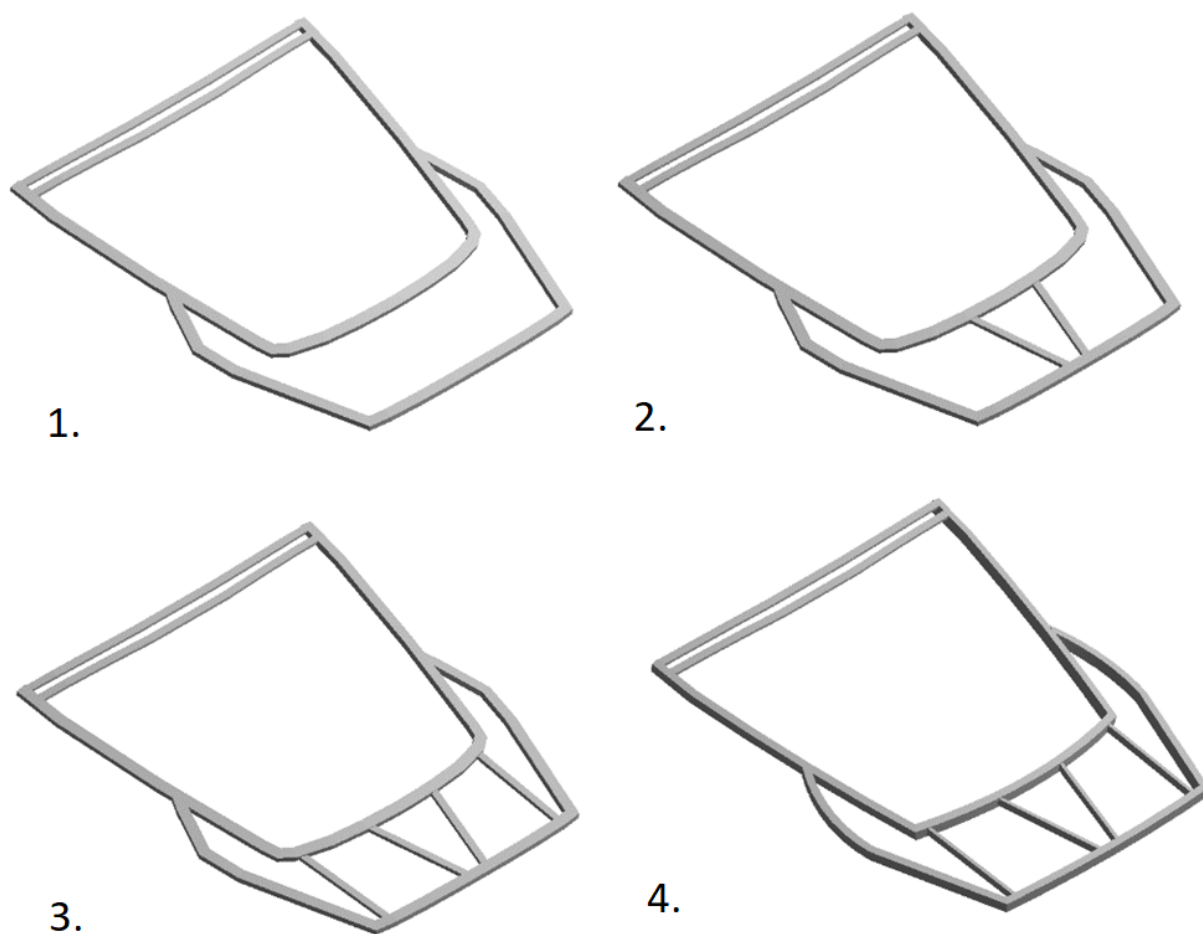
Na obrázku (Obrázek 59) je graf vývoje maximálních napětí v rámu. Hodnoty pro první tři verze rámu byly velice podobné a neuspokojivé především pro hliníkovou slitinu T66, kdy se přibližovaly mezi kluzu tohoto materiálu, která činí 160 MPa. Změna nastala až u čtvrté verze, kdy napětí značně pokleslo. Na rozdíl od předchozího grafu zde nesledujeme postupný pokles hodnot, ale první tři verze rámu vykazují podobné hodnoty napětí.



**Obrázek 59 Graf vývoje maximálních napětí v různých verzích rámu**

## 4.5 Geneze rámu

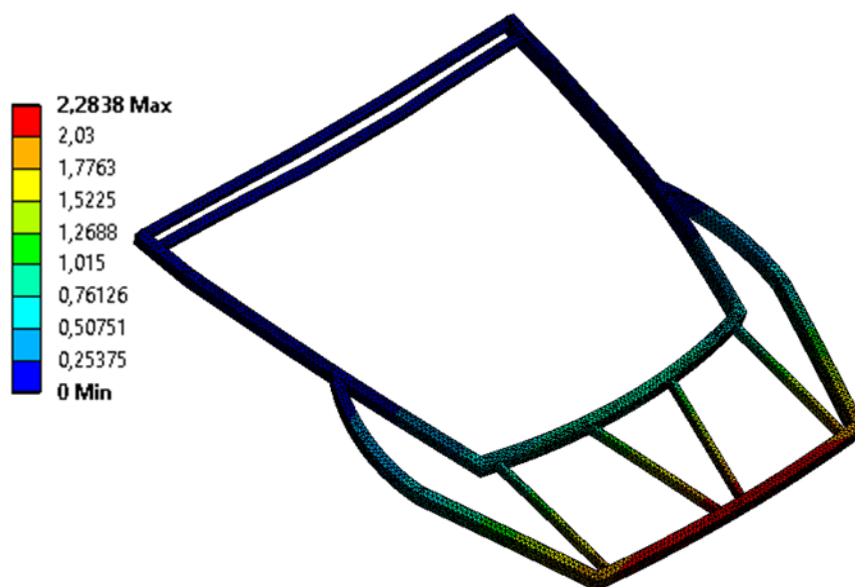
Rám prošel celkem čtyřmi variantami (Obrázek 60). První varianta rámu vykazovala u obou materiálů značné deformace. U hliníkové slitiny v řádu několika desítek mm. V druhé verzi byly přidány dvě výztuhy, které zlepšily výsledky přibližně o čtvrtinu. Přidáním dalších výztuh ve třetí verzi došlo k minimálnímu zlepšení. Naopak čtvrtá verze měla výsledky kladné. Rám značně upraven oproti předchozí verzi – především otočením většiny profilů o  $90^\circ$ , kdy obdélníkové profily mají v této poloze vyšší ohybový modul průřezu, tedy větší odpor profilu proti dominantnímu ohybovému napětí.



Obrázek 60 Čtyři varianty rámu

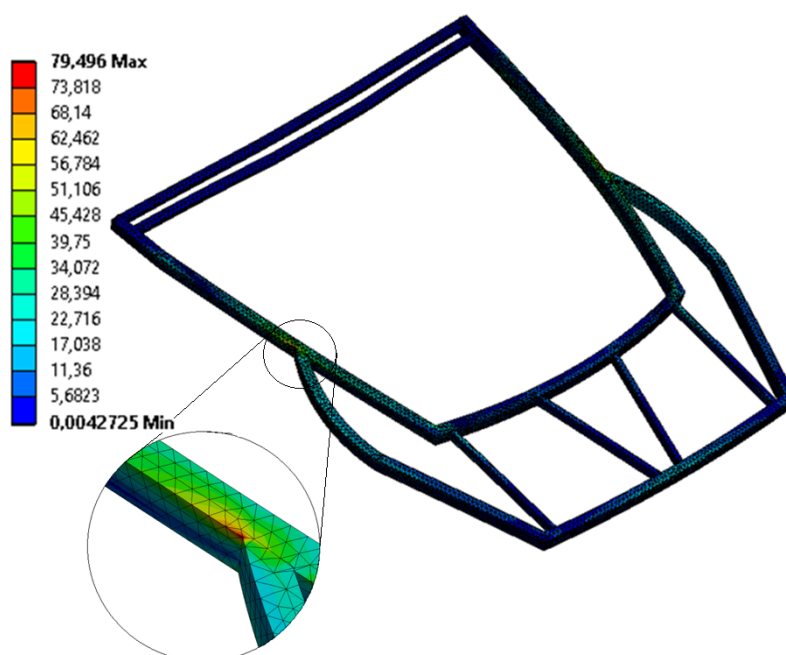
## 4.6 Shrnutí výsledků analýzy konečné verze rámu

Na obrázku již můžeme vidět 4. verzi rámu (Obrázek 61), tedy poslední, která již vyhovovala požadavkům na deformaci. Rám má v měřené vodorovné poloze deformaci 2,28 mm, která je na této délce - 1081 mm přijatelná.



Obrázek 61 Výsledek MKP analýzy deformací pro 4. verzi rámu

Na dalším obrázku je vyobrazení napětí na tomtéž rámu (Obrázek 62). Maximálního napětí dosahuje v místech uchycení vzpěr a jedná se o hodnotu 79,496 MPa. Tyto velikosti napětí vychází z kumulace na konstrukčním vrubu modelu.



Obrázek 62 Výsledek MKP analýzy napětí pro 4. verzi rámu

## **5. PODKLADY PRO VÝROBU DVEŘÍ ZAVAZADLOVÉHO PROSTORU**

Posledním z cílů diplomové práce je vytvořit podklady pro výrobu a sestavení dveří a jejich částí. Tato kapitola bude obsahovat postupy výroby svařovaného rámu dveří. Dále postup výroby mechanismu otevírání a kotvících prvků v sestavě. Uvedeny budou také postupy kompletace pantů a dveří a jejich následná montáž. Ke všem zde uvedeným dílům a jejich kompletaci je vypracována dokumentace uvedena v přílohách této práce.

### **5.1 Výroba pantu**

Pant se skládá ze čtyř částí – dvou základen a dvou ramen. Spodní základna pantu, je svařena ze dvou plechů svírající úhel  $86^\circ$ . Ve spodním plechu jsou vyvrtány dva otvory pro uchycení základny ke karosérii. Ve vertikálním plechu jsou tři otvory o průměru 8 mm pro uchycení ramen a čepu vzpěry. Dále se zde nachází dosedové body.

Dalším dílem pantu jsou ramena, která jsou vypálena z 3mm plechu. Na jejich koncích jsou vyvrtány otvory pro nýty o průměru 8 mm.

Horní základnu tvoří dva plechy svírající úhel  $79^\circ$ , ve svislé části jsou vyvrtány dva otvory o průměru 8 mm. Ve vodorovné části se nachází dva otvory tvaru drážky o průměru 8 mm a délce 14 mm. Ty slouží pro uchycení pantů k rámu.

Výrobní dokumentace pro tyto součásti jsou uvedeny jako přílohy P01 až P04 (viz Příloha výkresové dokumentace)

### **5.2 Výroba kotvících prvků**

Úchyt vzpěry je vyroben z plechu a má otvor o průměru 8 mm. Úchyt zámku dveří je vyroben ohnutím plechu o  $107^\circ$ , jsou v něm vyvrtány dva otvory o průměrech 6 mm. Výrobní dokumentace pro tyto části jsou uvedeny jako přílohy PL01 a PL02 (viz Příloha výkresové dokumentace)

### **5.3 Výroba nosné konstrukce**

Nosný rám je tvořen profily 30x20x1,5 a 20x10x1,5 z konstrukční oceli. Celý rám je svařen z 20 kusů profilů různých délek, které jsou rovné i ohýbané.



V místě uchycení pantů jsou skrze rám vyvrtány otvory o průměru 8 mm pro závitové svorníky Bossard BN 26016 (Obrázek 63). Ze spodní části rámu jsou navrtány otvory o průměru 6 mm pro montážní kolíky 15x6x10, kterými se později uchytí spodní díl dveří. Následně jsou na rám navařeny úchyty vzpěry a zámku. Výrobní výkres je uveden jako příloha R01 (viz Příloha výkresové dokumentace)



Obrázek 63 Závitový svorník Bossard (vlevo) a montážní kolík (vpravo) [26] [27]

### 5.3.1 Výroba skla

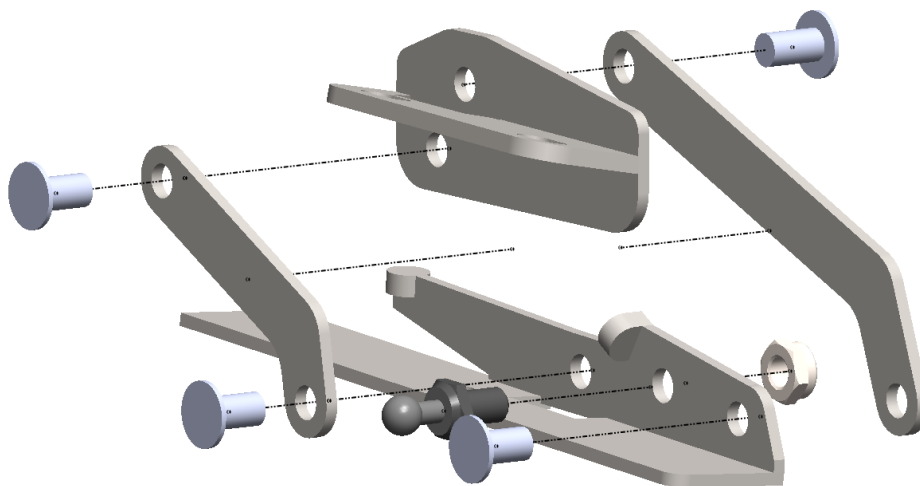
Výroba skla bude provedena externí firmou, které budou dodán výrobní výkres SK01 (viz Příloha výkresové dokumentace)

## 5.4 Výroba dílů dveří

Oba díly budou vyrobeny laminováním uhlíkové nebo skelné tkaniny do vyfrézovaných forem vyrobený podle 3D modelu dílů.

## 5.5 Kompletace pantů

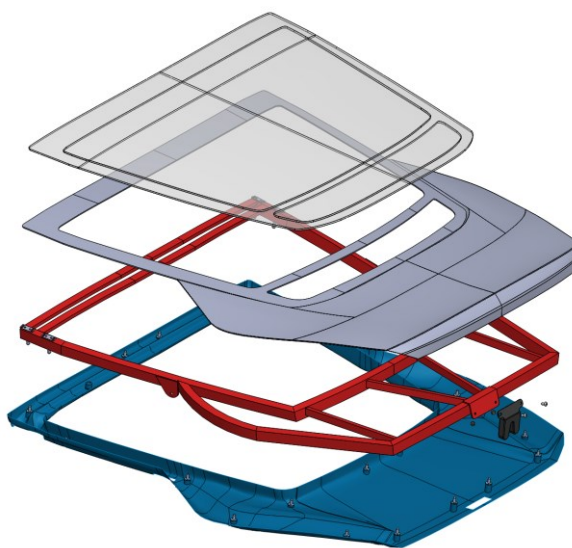
Pant je zkompletován tak, že do daných otvorů kloubů jsou vloženy nýty s plochou hlavou a následně rozklepány přípravkem. Dále se pomocí matice M8 při chytí kulový čep vzpěry (Obrázek 64). Výrobní dokumentace sestavy je uvedena v příloze PNT01 (viz Příloha výkresové dokumentace)



Obrázek 64 Rozložený pohled sestavy pravého pantu

## 5.6 Kompletace dveří

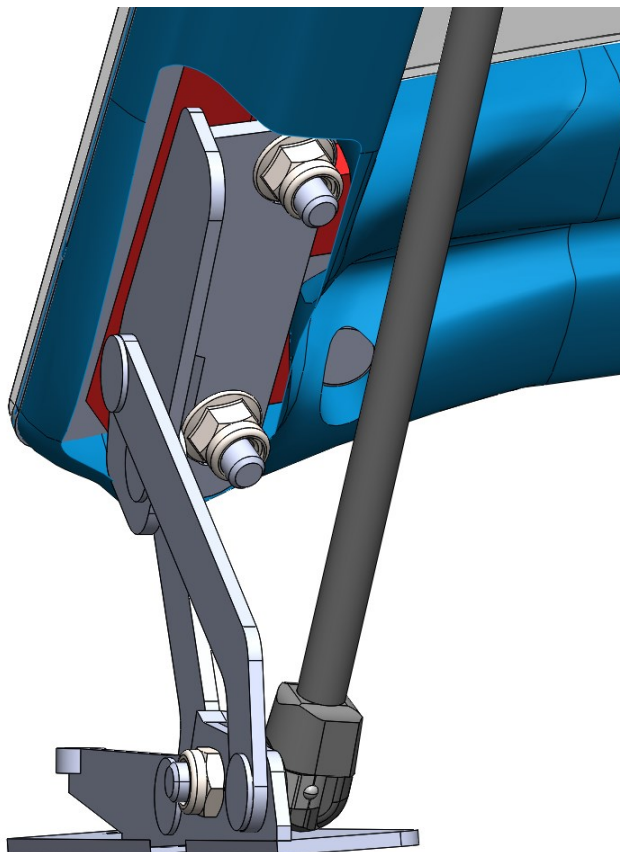
Do otvorů v rámu jsou vloženy závitové svorníky a přilepeny lepidlem Sikaflex 227. Lepidlo se dále nanese po celé horní ploše rámu. Na rám je položen horní díl dveří, poté se nechá lepidlo zaschnout 48 h. Po vytvrdnutí lepidla je možné instalovat zámek. Dále se na rám pomocí kolíků přichytí i spodní díl dveří (Obrázek 65).



Obrázek 65 Rozložený pohled sestavy dveří

Poté jsou na rám upevněny panty pomocí matic M8. Také se do úchytů vzpěr přišroubují kulové čepy. V rozevřené poloze pantu se následně na kulové čepy nasune vzpěra (Obrázek 66).

Postup montáže dveří a pantů ke dveřím jsou popsány v přílohách SD01 a SD01 (viz Příloha výkresové dokumentace)



**Obrázek 66 Zkompleťovaná sestava dveří – detail na uchycení pantu**

## ZÁVĚR

V úvodu diplomové práce je shrnuta konstrukce dveří zavazadlového prostoru komerčních automobilů, kterou se lze inspirovat při navrhování nového dílu. Jsou zde popsány i různé typy otevíracích mechanismů, které byly zvažovány pro následné použití. Pro navrhované dveře byla použita běžná tlačná vzpěra, především kvůli principu stlačeného plynu, který je oproti ostatním variantám méně komplexní a také pro své prostorově úspornější rozměry. Dále jsou zde popsány různé způsoby řešení zavěšení dveří. Z vybraných byl nakonec zvolen čtyřkloubový pant, který nejvíce vyhovoval svou trajektorií pohybu.

V další kapitole je popsán postup modelování dílů dveří. Bylo zapotřebí vyhovět danému zástavbovému prostoru a neměnit vnější tvar dílů. Horní díl dveří byl pouze upraven. K němu byl vytvořen spodní díl, který kopíruje tvar odtokového žlábků a při reálné aplikaci by tak společně s těsněním krytí proti prostupu vlhkosti do interiéru. Mezi horním a spodním dílem se nachází vymodelovaný rám, který byl, za pomoci pevnostních analýz několikrát upravován. Značný čas modelování byl věnován různým variantám zavěšení, nakonec byl detailně vymodelován pouze ten, který vyhovoval kinematickým podmínkám.

Navrhované modely zavěšení byly dále podrobeny kinematické analýze, která tvořila celou kapitolu. V této kapitole byly vytvořeny kinematické modely zavěšení společně s modely vzpěry. Byl sledován chod každého z pantů a s ním společně i délka výsuvu vzpěry. Díky aplikaci reálných fyzikálních hodnot bylo také možné zjistit sílu vzpěry potřebou k otevření dveří do požadované výšky pro každé zavěšení a porovnat je.

Další kapitola se zabývala pevnostní analýzou rámu. Rám musel splňovat zadané pevnostní vlastnosti. Kapitola popisuje pevnostní analýzu rámu dveří při zvolených stavech. Za pomoci těchto výpočtů došlo ke genezi celkem 4 variant rámu, z nichž ta poslední již vykazovala nízké deformace.

Naposled byla vytvořena výrobní dokumentace pro celý díl dveří zavazadlového prostoru.

Během této práce jsem dosáhl několika poznatků, které by mohly vést k inovaci stávajícího modelu. Lze uvažovat o dalších změnách geometrie rámu, například s použitím topologické optimalizace rámu za použití některého ze softwarů a případné změny způsobu výroby, například odléváním již zmíněného topologicky optimalizovaného dílu či změnou použitého materiálu. Případně namísto nosného rámu navrhnout samonosnou konstrukci z nějakého laminovaného kompozitu.

Změnou konstrukce by mohlo dojít i k zvětšení zástavbového prostoru, kam by se pak mohly umístit i elektromechanické vzpěry, které by mohly být ovládány dálkově, a tak zvýšit komfort přístupu do zavazadlového prostoru. Pokud by ve voze existoval dostatečný volný prostor pro čerpadlo, lze uvažovat o použití nejkompaktnější varianty, a to hydraulické vzpěry. Navrhoval bych také reálný experiment s několika typy vzpěr pro ověření s daty ze simulací, který by vedl k volbě ideálního modelu.

Zavěšení je z kinematického hlediska vyhovující, v návaznosti na změnu tvaru rámu by mohl být zvažován i jiný způsob uchycení k rámu dveří a ke karoserii.

Práce na tomto projektu pro mě byla přínosnou zkušeností. Především jsem se setkal s pro mě novým softwarem a ovládl jeho základy. Získal jsem tak cenné vědomosti, které jistě využiji v budoucnu v samotné praxi

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VLK, František. Karosérie motorových vozidel: ergonomika, biomechanika, pasivní bezpečnost, kolize, struktura, materiály. Brno: F. Vlk, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
- [2] Mini Cooper 3dr hatch 2014 | RiDC. Home | RiDC [online]. Dostupné z: <https://www.ridc.org.uk/features-reviews/out-and-about/choosing-car/car/mini-cooper-3dr-hatch-2014>
- [3] DESIGN OF BACKDOOR OR TAILGATE (GAS STAY TYPE) FOR HATCHBACK CAR : Skill-Lync. Job Leading Online Engineering Courses with 24x7 Support - Skill-Lync [online]. Copyright © 2021 Skill [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://skill-lync.com/projects/DESIGN-OF-BACKDOOR-OR-TAILGATE-GAS-STAY-TYPE-FOR-HATCHBACK-CAR-47280>
- [4] Backdoor or Tailgate Design using Sheet Metal Emboss Hemming and Punching for Positioning of Mounting of Latch Striker, Gas Stay, Wiper Motor, Hing with Rear Roof Rail Using Design Concept and Nx-Cad Software . : Skill-Lync. Job Leading Online Engineering Courses with 24x7 Support - Skill-Lync [online]. Copyright © 2021 Skill [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://skill-lync.com/projects/design-of-backdoor-30>
- [5] Back door inner panel Design : Skill-Lync. Job Leading Online Engineering Courses with 24x7 Support - Skill-Lync [online]. Copyright © 2021 Skill [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://skill-lync.com/projects/Back-door-inner-panel-Design-70900>
- [6] TAUŠEK, Martin. Simulace mechanismu zadních dveří automobilu [online]. Brno, 2016 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/61003>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Zdeněk Hadaš.
- [7] Non-Locking Gas Springs | Stabilus GmbH. Stabilus Home [online]. Copyright © 2021, Stabilus GmbH. All rights reserved [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.stabilus.com/products/non-locking-gas-springs>

- [8] JASENOVEC, Vladimír. Aktuátor pátých dveří osobního automobilu. Ostrava, 2015. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10084/109589>. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Doc. Ing. Fries Jiří, Ph.D.
- [9] 5E9827851F Elektrická vzpěra / servomotorek pátých dveří ( levá strana ) Škoda Octavia 3 kombi za 9 414.00 Kč - Zavazadlový prostor a síťový program. AutoMultiMedia.cz [online]. Copyright © 2021 AutoMultimedia.cz [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.automultimedia.cz/cz/shop/zavazadlový-prostor-a-sítový-program-5/5e9827851f-elektrická-vzpera-servomotorek-patých-dverí>
- [10] benzshop.com - Car workshop Poellka in Raesfeld, Germany | benzshop.de. benzshop.de - KFZ Werkstatt Poellka in Raesfeld | benzshop.de [online]. Copyright © 2021 [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.benzshop.de/en/mercedes-spare-parts/e-class/w211/9323/mercedes-benz-w211-hydraulic-pump-2118000048-rear-door-set-complete-org>
- [11] MAZDA MOTOR CORPORATION. Back doors tructure for a motor vehicle [patent]. USA. US4880267. Uděleno 16.10.1987. Zapsáno 14.1.1989. Dostupné z: [www.google.com/patents/US4880267](http://www.google.com/patents/US4880267)
- [12] VLK, František. Stavba motorových vozidel. Brno: F. Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [13] 2014 Audi A6 Buyer's Guide: Reviews, Specs, Comparisons. MotorTrend: New Cars - Car News and Expert Reviews [online]. Copyright © 2021 MotorTrend [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.motortrend.com/cars/audi/a6/2014/>
- [14] Návrh a vytvoření funkčního modelu dveří pro sportovní automobil. [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2021-04-30]. Available from: <https://theses.cz/id/50a373/>. Bachelor's thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Thesis supervisor Lukáš Buřval.
- [15] Univerzální gumové těsnění do dveří a kufru auta - Onpira.cz. Onpira.cz [online]. Dostupné z: <https://www.onpira.cz/zbozi/univerzalni-gumove-tesneni-do-dveri-a-kufru-auta/>
- [16] VLACHYNSKÝ, Jaroslav. Návrh dveří sportovního vozu [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/115086>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

- [17] Zámek kufru Škoda 3U5827505A. [online]. Copyright © Škoda [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.skoda-dily.cz/nahradni-dil/3u5827505a-zamek-kufru-skoda-13855.html>
- [18] Závěrné pero zámku prvovýroba 3B0837033D. [online]. Copyright © Škoda [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.skoda-dily.cz/nahradni-dil/3b0837033d-zaverne-pero-zamku-oe-4659.html>
- [19] Equipment upgrade for Skoda Superb SE Business | Parkers. Trusted car reviews, cars for sale, car leasing, valuations & advice | Parkers [online]. Copyright © 1962 [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.parkers.co.uk/company-cars/2015/equipment-upgrade-for-skoda-superb-se-business/>
- [20] Stabilus CAD. Stabilus CAD [online]. Dostupné z: <http://stabilus.cadclick.com/>
- [21] HAJŽMAN, Michal. Pomocný text k proniknutí do základů práce se systémem ADAMS [online]. 2.11.2005, , 6 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: [https://www.kme.zcu.cz/mhajzman/download/adams\\_zaklad.pdf](https://www.kme.zcu.cz/mhajzman/download/adams_zaklad.pdf)
- [22] BRÁT, Vladimír, Václav JÁČ a Josef ROSENBERG. Kinematika. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [23] Prodáváme konstrukční ocel S235JR 1.0038 1.0037. thesteel.com Träger, Bleche, Rohre, Profile, Armaturen, Pumpen, Installationssysteme, und mehr - thesteel.com [online]. Copyright © ALL RIGHTS RESERVED 2021 [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.thesteel.com/cz/jakostni-uslechtila-ocel/konstrukcni-ocel/s235jr>
- [24] ALLOY DATA SHEET EN-AW 6060[AlMgSi], Nedal Aluminium - Aluminium profiles and lighting columns [online]. Copyright © [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.nedal.com/wp-content/uploads/2017/11/Nedal-alloy-Datasheet-EN-AW-6060.pdf>
- [25] REIF, Konrad a Karl-Heinz DIETSCHKE. Automotive handbook. 9th edition, revised and extended. Karlsruhe: Robert Bosch, 2014. ISBN 978-1-119-03294-6.



- [26] bigHead® M1/T38 Bossard Group - Fasteners, Engineering, Logistics [online]. Copyright © 2021 Bossard Group. [cit. 30.04.2021]. Dostupné z:  
<https://www.bossard.com/eshop/cz-cs/bighead-s-zavitovym-svornikem/bighead-s-zavitovym-svornikemobdelnikova-hlava/bighead-m1t38/p/26016/>
- [27] Montážní kolík (10ks) ŠKODA YETI. [online]. [cit. 30.04.2021] Dostupné z:  
<https://www.megagaraz.cz/zbozi/867531/Montazni-kolik--10ks--SKODA-YETI.htm>

## **Příloha výkresové dokumentace**

<b>Jméno dílu</b>	<b>Číslo výkresu</b>
Spodní základna pantu	P01
Horní základna pantu	P02
Krátké rameno pantu	P03
Dlouhé rameno pantu	P04
Úchyt vzpěry	PL01
Úchyt zámku dveří	PL02
Sklo dveří zavazadelníku	SK01
Rám dveří	R01
Sestava pantu	PNT01
Sestava dveří	SD01
Sestava dveří s pantem	SD02